

P21933.P04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant :H. HORIE

Serial No. :Not Yet Assigned

Filed :Concurrently Herewith

For :METHOD AND APPARATUS FOR IMAGE CODING


CLAIM OF PRIORITY

Commissioner of Patents and Trademarks
Washington, D.C. 20231

Sir:

Applicant hereby claims the right of priority granted pursuant to 35 U.S.C. 119 based upon Japanese Application No. 2001-047068, filed February 22, 2001. As required by 37 C.F.R. 1.55, a certified copy of the Japanese application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,
H. HORIE


Bruce H. Bernstein
Reg. No. 29,027

Reg No
33,329

January 17, 2002
GREENBLUM & BERNSTEIN, P.L.C.
1941 Roland Clarke Place
Reston, VA 20191
(703) 716-1191



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JC979 U.S.
10/046
01/17/

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 2月22日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-047068

出 願 人
Applicant(s):

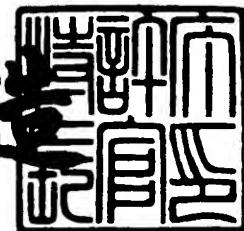
松下電送システム株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 6月11日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3054411

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 2952020087

【提出日】 平成13年 2月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 1/41

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都目黒区下目黒2丁目3番8号 松下電送システム
 株式会社内

 【氏名】 堀江 等

【特許出願人】

 【識別番号】 000187736

 【氏名又は名称】 松下電送システム株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100105050

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鷺田 公一

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 041243

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9603473

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像情報の分類方法、画像符号化方法および画像符号化装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力画像について、複数のブロックからなるタイルを単位として像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルあるいは前記中間調画像タイルの少なくとも一つのタイルに属する全部の画素を、1画素単位で、複数の階層に分類すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわかるビットマップ情報を生成する、タイルの階層化ステップと、

を有することを特徴とする画像情報の分類方法。

【請求項2】 入力画像を、複数のブロックからなるタイルを単位として分割し、一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルあるいは前記中間調画像タイルの少なくとも一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて適応的にしきい値を設定し、そのしきい値を基準として前記一つのタイルに属する全画素を、1画素単位で、少なくとも2以上の階層に分類すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわかるビットマップ情報を生成する、タイルの階層化ステップと、

を有することを特徴とする画像情報の分類方法。

【請求項3】 請求項2において、

前記階層化により、画素を、前景（フォアグラウンド）と背景（バックグラウンド）のいずれかに分類することを特徴とする画像情報の分類方法。

【請求項4】 入力画像を、複数のブロックからなるタイルを単位として分割し、一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルあるいは前記中間調画像タイルの少なくとも一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて適応的にしきい値を設定し、そのしきい値を基準として前記一つのタイルに属する全画素を、1画素単位で、少なく

とも2以上の階層に分類すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわを示すビットマップ情報を生成する、タイルの階層化ステップと、

前記タイル単位の像域判定の結果を示すフラグと、タイル内の各画素がどの階層に属するかわを示すフラグと、入力画像が有する輝度に関する情報と、を可変長符号化する符号化ステップと、

を、有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項5】 入力画像を、複数のブロックからなるタイルを単位として分割し、一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルあるいは前記中間調画像タイルの少なくとも一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて適応的にしきい値を設定し、そのしきい値を基準として前記一つのタイルに属する全画素を、1画素単位で、少なくとも2以上の階層に分類すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわを示すビットマップ情報を生成する、タイルの階層化ステップと、

前記階層化ステップにおいて使用した、前記一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報を利用し、かつ、前記階層化による分類の結果に応じて判断基準を変化させつつ、入力画像が有する輝度情報の2値近似の可否を判定し、2値近似が可能であれば、前記一つの階層に属する全画素の輝度値あるいは前記一つのタイルに属する全画素の輝度値を、一つの近似値にて代替する2値近似処理を行うステップと、

2値近似できなかった画像の輝度情報について、直交変換および量子化処理を施すステップと、

前記タイル単位の像域判定の結果を示すフラグと、タイル内の各画素がどの階層に属するかわを示すフラグと、2値近似が可能であったか否かわを示すフラグ情報と、前記直交変換および量子化処理の結果として得られるデータと、前記2値近似処理により得られる輝度レベルデータと、を可変長符号化する符号化ステップと、

を、有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項6】 入力画像を、複数のブロックからなるタイルを単位として分

割し、一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて、適応的にしきい値を設定し、そのしきい値を基準として前記文字画像タイルに属する全画素を、1画素単位で、前景（フォアグラウンド）と背景（バックグラウンド）に階層分離すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわかるビットマップ情報を生成する、文字画像タイルの階層化ステップと、

前記中間調画像タイルに属する画素の輝度情報について、かつ、前記文字画像タイルの前景（フォアグラウンド）に属する画素の輝度情報および背景（バックグラウンド）に属する画素の輝度情報について、2値近似処理の可否を判定し、この判定の際、前記文字画像タイルの前記前景（フォアグラウンド）の判定基準を、前記バックグラウンドの判定基準よりも緩やかに設定し、この判定の結果、2値近似が可能と判断されると、前記中間調画像タイルに属する画素の輝度情報について、または、前記文字画像タイルの前景（フォアグラウンド）に属する画素の輝度情報または背景（バックグラウンド）に属する画素の輝度情報について、全画素の輝度値を一つの近似値にて代替する2値近似処理を行うステップと、

2値近似できなかった画像の輝度情報について、直交変換および量子化処理を施すステップと、

前記タイル単位の像域判定の結果を示すフラグと、タイル内の各画素がどの階層に属するかを示すフラグと、2値近似が可能であったか否かを示すフラグ情報と、前記直交変換および量子化処理の結果として得られるデータと、前記2値近似処理により得られる輝度レベルデータと、を可変長符号化する符号化ステップと、

を、有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項7】 入力画像を、複数のブロックからなるタイルを単位として分割し、一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルあるいは前記中間調画像タイルの少なくとも一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて適応的にしきい値を設定し、そのし

きい値を基準として前記一つのタイルに属する全画素を、1画素単位で、少なくとも2以上の階層に分類すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわを示すビットマップ情報を生成する、タイルの階層化ステップと、

前記階層化ステップにおいて使用した、前記一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報を利用し、かつ、前記階層化による分類の結果に応じて判断基準を変化させつつ、入力画像が有する輝度情報の2値近似の可否を判定し、2値近似が可能であれば、前記一つの階層に属する全画素の輝度値あるいは前記一つのタイルに属する全画素の輝度値を、一つの近似値にて代替する2値近似処理を行うステップと、

2値近似できなかった画像の輝度情報について、直交変換処理を行い、続いて、量子化ステップ幅を変化させることが可能な方式の量子化処理を施すステップと、

前記タイル単位の像域判定の結果を示すフラグと、タイル内の各画素がどの階層に属するかを示すフラグと、2値近似が可能であったか否かを示すフラグ情報と、前記直交変換および量子化処理の結果として得られるデータと、前記2値近似処理により得られる輝度レベルデータと、を可変長符号化する符号化ステップと、

前記符号化ステップにおける符号化レートを予測し、その予測値に基づき、符号化レートが所定の範囲内に収まるように、前記量子化処理における前記量子化ステップ幅を適応的に変化させる、符号化レートの制御ステップと、

を有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項8】 入力画像を、複数のブロックからなるタイルを単位として分割し、一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて像域判定を行い、文字画像タイルと中間調画像タイルとに区分する像域判定ステップと、

前記文字画像タイルあるいは前記中間調画像タイルの少なくとも一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報に基づいて適応的にしきい値を設定し、そのしきい値を基準として前記一つのタイルに属する全画素を、1画素単位で、少なくとも2以上の階層に分類すると共に、1つの画素がどの階層に属するのかわを示すビットマップ情報を生成する、タイルの階層化ステップと、

前記階層化ステップにおいて使用した、前記一つのタイルに属する全画素の輝度の分布情報を利用し、かつ、前記階層化による分類の結果に応じて判断基準を変化させつつ、入力画像が有する輝度情報の 2 値近似の可否を判定し、2 値近似が可能であれば、前記一つの階層に属する全画素の輝度値あるいは前記一つのタイルに属する全画素の輝度値を、一つの近似値にて代替する 2 値近似処理を行うステップと、

2 値近似できなかった画像の輝度情報について、直交変換処理を行い、続いて、量子化ステップ幅を変化させることが可能な方式の量子化処理を施すステップと、

符号化レートを予測し、その予測値に基づき、まず、符号化レートが所定の範囲内に収まるように、前記量子化処理における前記量子化ステップ幅を適応的に変更するための整数値のスケーリングファクタ (α) を生成し、次に、この整数値のスケーリングファクタ (α) と 1 : 1 に対応する実数値のスケーリングファクタ (β) を生成し、この実数値のスケーリングファクタ (β) により、前記量子化処理における量子化ステップ幅を変更して符号化レートの制御を行うステップと、

前記タイル単位の像域判定の結果を示すフラグと、タイル内の各画素がどの階層に属するかを示すフラグと、2 値近似が可能であったか否かを示すフラグ情報と、前記整数値のスケーリングファクタ (α) と、前記直交変換および量子化処理の結果として得られるデータと、前記 2 値近似処理により得られる輝度レベルデータと、を可変長符号化する符号化ステップと、

を有することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記整数値のスケーリングファクタ (α) から前記実数値のスケーリングファクタ (β) を生成するための関数 ($f 1$) の微分値が、前記符号化レートに対する前記実数値のスケーリングファクタ (β) の関係を示す関数 ($f 2$) の微分値の逆数となるように、符号化レートと、前記整数値のスケーリングファクタ (α) と、前記実数値のスケーリングファクタ (β) との相互の関係を決定することを特徴とする画像符号化方法。

【請求項 1 0】 入力画像を所定サイズのタイルを単位として部分画像に分割し、文字画像タイルと中間調画像タイルに判別する像域判定部と、

文字画像タイルあるいは中間調タイルの少なくともいずれか一つのタイルに含まれる各画素の輝度レベルに基づいて階層分離を行うと共に、各画素がどの階層に含まれるかを示す情報を生成する階層分離部と、

前記入力画像がもつ輝度情報を、タイル単位あるいは分離された前記階層を単位として 2 値近似可能であるかを判定し、2 値近似可能である場合に、2 値近似処理を実行する近似処理部と、

2 値近似できなかった輝度情報について、直交変換および量子化を行う直交変換・量子化部と、

近似処理がなされた結果としての近似値のデータと、前記直交変換および量子化により得られるデータと、前記タイル単位の像域判定の結果を示す情報と、タイル内の各画素がどの階層に属するかを示す情報と、2 値近似が可能であったか否かを示す情報と、を可変長符号化する符号化部と、

を有することを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 1 1】 入力画像を所定の大きさのタイルを単位として部分画像に分割し、文字画像タイルと中間調画像タイルに判別する像域判定部と、

文字画像タイルに含まれる各画素の輝度レベルに基づいて階層分離を行い、前景（フォアグラウンド）と背景（バックグラウンド）に分離すると共に、各画素がどの階層に含まれるかを示す情報を生成する階層分離部と、

前記入力画像がもつ輝度情報を、タイル単位あるいは分離された前記階層を単位として 2 値近似可能であるかを判定し、2 値近似可能である場合に、2 値近似処理を実行する近似処理部と、

2 値近似できなかった輝度情報について、直交変換および量子化を行う直交変換・量子化部と、

近似処理がなされた結果としての近似値のデータと、前記直交変換および量子化により得られるデータと、前記タイル単位の像域判定の結果を示す情報と、タイル内の各画素がどの階層に属するかを示す情報と、2 値近似が可能であったか否かを示す情報と、を可変長符号化する符号化部と、

を、有することを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 1 2】 入力画像を所定の大きさのタイルを単位として部分画像に分割し、文字画像タイルと中間調画像タイルに判別する像域判定部と、

文字画像タイルに含まれる各画素の輝度レベルに基づいて階層分離を行うと共に、各画素がどの階層に含まれるかを示す情報を生成する階層分離部と、

前記入力画像がもつ輝度情報を、タイル単位あるいは分離された前記階層を単位として 2 値近似可能であるかを判定し、2 値近似可能である場合に、2 値近似処理を実行する近似処理部と、

2 値近似できなかった輝度情報について、直交変換を施し、かつ、量子化ステップ幅をスケーリングファクタに基づいて変化させることが可能な量子化器を用いて量子化する直交変換・量子化部と、

既に符号化した画像量と符号量に基づいて符号化レートを予測し、その予測値に基づき、符号化レートが所定の範囲内に収まるように前記スケーリングファクタを調整し、その調整されたスケーリングファクタを前記量子化器に与える符号化レート制御部と、

近似処理がなされた結果としての近似値のデータと、前記直交変換および量子化により得られるデータと、前記タイル単位の像域判定の結果を示す情報と、タイル内の各画素がどの階層に属するかを示す情報と、2 値近似が可能であったか否かを示す情報と、前記調整されたスケーリングファクタの値と、を可変長符号化する符号化部と、

を、有することを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 において、

前記符号化レート制御部は、符号化レートを予測し、その予測値に基づき、まず、符号化レートが所定の範囲内に収まるように、前記量子化処理における前記量子化ステップ幅を適応的に変更するための整数値のスケーリングファクタ (α) を生成し、次に、この整数値のスケーリングファクタ (α) と 1 : 1 に対応する実数値のスケーリングファクタ (β) を生成し、この実数値のスケーリングファクタ (β) を前記量子化器に与え、

また、前記符号化部は、前記整数値のスケーリングファクタ (α) の値も可変

長符号化することを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 において、

前記整数値のスケーリングファクタ (α) から前記実数値のスケーリングファクタ (β) を生成するための関数 ($f 1$) の微分値が、前記符号化レートに対する前記実数値のスケーリングファクタ (β) の関係を示す関数 ($f 2$) の微分値の逆数となるように、符号化レートと、前記整数値のスケーリングファクタ (α) と、前記実数値のスケーリングファクタ (β) との相互の関係を決定することを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 1 5】 請求項 1 0 ～ 請求項 1 4 のいずれかにおいて、

前記符号器は、数値データ用のコンテキスト生成手段と、画素がどの階層に属するかを示す情報用のコンテキスト生成手段と、を有する算術符号器であることを特徴とする符号化装置。

【請求項 1 6】 請求項 1 0 ～ 請求項 1 5 のいずれかに記載の画像符号化装置において、

前記タイルは複数のブロックからなり、前記直交変換は、ブロックを単位として行われることを特徴とする画像符号化装置。

【請求項 1 7】 請求項 1 0 ～ 請求項 1 6 のいずれかに記載の画像符号化装置を具備する画像処理装置。

【請求項 1 8】 多値画像を所定サイズのタイルに分割して、量子化を含む処理を経て符号化するに際し、既に符号化した画像量と符号量に基づき、そのタイルの符号化レートを推定し、その符号化レートの推定結果に応じて、前記量子化処理における量子化ステップ幅を適応的に変更するための整数値のスケーリングファクタ (α) を生成し、次に、その整数値のスケーリングファクタ (α) と 1 : 1 に対応する、実数値のスケーリングファクタ (β) を生成し、その実数値のスケーリングファクタ (β) を前記量子化処理を実行する量子化器に供給することを特徴とする符号化レート制御装置。

【請求項 1 9】 請求項 1 8 において、

前記整数値のスケーリングファクタ (α) から前記実数値のスケーリングファクタ (β) を生成するための関数 ($f 1$) の微分値が、前記符号化レートに対す

る前記実数値のスケーリングファクタ (β) の関係を示す関数 (f_2) の微分値の逆数となるように、符号化レートと、前記整数値のスケーリングファクタ (α) と、前記実数値のスケーリングファクタ (β) との相互の関係を決定することを特徴とする符号化レート制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、多値画像の符号化方法および符号化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

文字（線画）画像と中間調画像が混在している多値画像（混在画像）を符号化するに際し、再現画像の画質と、圧縮率の向上を両立させることには、種々の困難を伴う。

【0003】

混在画像の、効率的かつ高精度な符号化の方式の一つとして、小さいブロックを単位として像域判定を行い、画像の種類に適した符号化を行うという方式がある（例えば、特開平 8 - 5 1 5 3 7 号公報）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、像域判定を行うことが、かえって、復元画像の画質低下を招くことがある。例えば、スキャナなどの光学系を介して取り込んだ画像データは、光学系の MTF 特性に起因して、文字画像（線画像）や網点画像のエッジ部分が鈍くなり（つまり、濃度分布が緩慢となり）、中間調の成分が発生する。

【0005】

このような部分では、一般的に、像域判定はむずかしくなる。例えば、文字のエッジ部分の濃度分布が緩慢となり、あるブロックは中間調画像と認識され、近接するブロックは 2 値画像と判断される場合が、かなりの頻度で発生する。像域判定結果に応じて、異なる符号化が採用されるため、復元画像の濃度は、どの符号化が適用されたかにより異なる。よって、本来的に、シャープな輪郭を持つべ

き文字画像のエッジ部分において、2 値領域中に、中間調として再現される領域が不自然に混在し、まだら模様（黒の領域に白っぽい領域が入り混じった状態）となり、復元画像にむらが生じる。

【0 0 0 6】

一方、再現画像の品質を重視し、精緻な像域判定を行って符号化しようとする
と、エントロピー（情報量）の増大を招き、必然的に、圧縮率が低下する。

【0 0 0 7】

また、符号化装置を実現する場合の現実的な問題として、画像メモリのコスト
の問題がある。

【0 0 0 8】

コピー機能やプリンタ機能を統合したデジタル複合機では、入力画像をいっ
たんメモリに蓄積し、その後復元して画像処理を施してプリントする。解像度が
高いと1ページの画像データ量が膨大になるので、通常は圧縮してメモリに蓄積
する。このメモリは少なくとも1ページの符号データを蓄積できる容量が必要であ
る。例えば、画像データをJPEG圧縮すると、画像データの複雑さに応じて符号量
は大きく変動する。よって、画像パターンの最悪ケースを考慮して画像データ1
ページ分のメモリを持つ必要がある。

【0 0 0 9】

メモリコストを削減する場合には、符号長が画像の複雑さによらず一定となる
固定長符号化が使われることが多いが、これでは、圧縮率が悪く、再現画像の画
質が低下する。画質を重視して可変長符号化を行えば、複雑な多値画像の場合、
符号量がメモリ容量をオーバーしてしまう恐れも出てくる。

【0 0 1 0】

このように、画質と、圧縮率と、メモリ容量およびコストとの調和点をみいだ
すことは、困難であり、このことは、画質と圧縮率を追求すればするほど、顕著
となる。

【0 0 1 1】

本発明は、このような考察に基づきなされたものであり、その目的の一つは、
画像の種類を問わずに、究極的な画質を追求すると共に、一方で、高能率な圧縮

により符号量を低減させ、同時に、装置の能力を最大限に活用して、現実的かつ安定的な符号化処理を実現することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明では、タイル（マクロブロック）という大きな単位での像域判定処理と、タイル（マクロブロック）に属する全部の画素を、画素単位で階層化して分類する階層化処理と、を併用して、符号化対象の多値画像がもつ輝度情報を、効率的に分類する。

【0013】

そして、多値画像についての輝度データと、像域判定結果を示すフラグと、一つのタイルにおいて、各画素がどの階層に属するかを示すフラグとを、圧縮率の高い可変長符号で符号化する。

【0014】

つまり、タイル（マクロブロック）という大きなブロックを像域判定の単位とし、そのタイルの中にどのような輝度の画素が分布しているのかを全体的（大局的）に判断して、1画素毎に階層化するため、画像の属性の見極めを正確に行うことができる。

【0015】

例えば、「文字のエッジを美しく再現したい」という課題があるとする。本方式は、まず、文字タイルであるかを調べ、文字タイルであれば、輝度分布に基づき、文字のエッジ部分の中間調の部分（連続的に階調が変化する部分）が存在するかを調べ、中間調の部分があれば、2値（黒）の文字部分と分離して階層化し、その階層化した情報を、一括して適切な符号化方法（可変長符号化）により符号化する。つまり、課題に、最も効率的に、かつ正確にアプローチして情報を取得するのであり、この結果、誤判定が少なくなる。

【0016】

小さなブロック（マイクロブロック）を単位として像域判定をする場合には、大局的な見地からの判定ができずに、近視眼的な判定のみとなるため、誤判定により不自然に再現むらが生じるが、本発明では、そのようなリスクが極めて少なく

なる。

【0017】

また、着目する課題に応じて、1つのタイル内における、階層の数や階層の種類を適応的に決めることにより、多値画像のもつ情報を大局的に判断しつつ、各階層毎に細かく情報を取得することができ、再現画像の画質を効果的に向上させることができる。

(2) 但し、階層化により情報量（エントロピー）が増大するから、本発明の好ましい態様では、近似処理を行って、符号量の増大を抑制するのが望ましい。

【0018】

つまり、文字タイルが、文字の黒の部分（前景部分：フォアグラウンド：FG）と、その黒部分の背景に存在する白い部分（エッジの中間調の部分を含む背景部分：バックグラウンド：BG）とに階層化されたとする。ここで、前景部分は黒一色であり、この部分についての人間の視覚は鈍感であるため、前景部分の全画素の輝度値を、一つの近似値で代表したとしても、画質はそれほど低下しない。この近似により、符号化すべき情報量は、いっきに減少し、階層化によるエントロピーの増大は緩和される。中間調と判定されたタイルであっても、場合によって、中間調の輝度分布が極端に限定されているような場合には、近似が可能であり、近似処理は、エントロピーの増大を抑制するという点で、極めて有効である。

(3) 以上の説明では、多値画像の画質および符号量という観点からのみ論じている。しかし、そもそも、多値画像の複雑性や属性に依存して、符号量は大きく変動するのであり、現実には、おのずと、装置の持つ能力（メモリ容量や、パイプライン処理の乱れを生じさせないこと等）との整合性が問題となる。

【0019】

よって、本発明の好ましい態様では、上述の、階層化による画質向上と近似による符号量の抑制という観点に加えて、装置の能力を加味して、符号化レート（一つのタイルを符号化したときに生じる全符号量）を一定の範囲に強制的に抑制する、一種の帰還制御を施す。符号量の強制的な増減は、例えば、DCT（離散コサイン変換）後の量子化における、量子化ステップ幅を変化させることにより、行うことができる。量子化ステップ幅の変化は、スケーリングファクタの値を

更新することにより行える。

(4) スケーリングファクタの値を適応的に変化させて符号量を調整した場合、画像の復元には、そのスケーリングファクタの値が必要であるため、スケーリングファクタ値を示す情報も、符号化する必要がある。実際のスケーリングファクタは実数値であり、情報量が多い。

【0020】

但し、エントロピーの増大を極力さける必要があるから、本発明の好ましい態様では、整数値のスケーリングファクタに所定の演算（既知の演算）を施すことにより実数値のスケーリングファクタを生成するという方式をとり、整数値のスケーリングファクタ値のみを符号化するようにして、符号量を減少させる。

(5) また、符号量の変動に応じて整数値のスケーリングファクタを変更し、それにより、実数値のスケーリングファクタを修正する作業を効率的に行うためには、符号化レートと各スケーリングファクタとの関係を、できるだけ単純化しておく必要がある。よって、本発明の好ましい態様では、符号化レートと整数値のスケーリングファクタとの関係を示す関数の微分値が、整数値のスケーリングファクタと実数値のスケーリングファクタとの関係を示す関数の微分の逆数となるように設定する。これにより、符号化レートの変動量に対する整数値のスケーリングファクタの変動量は、ダイナミックレンジ中のどの領域にある場合でも一定となり、調整が非常に簡単化される。

【0021】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0022】

図1は、本発明の符号化装置を搭載した複合機（ファクシミリ機能とコピー機の機能を併せ持つ装置）の構成を示すブロック図である。

【0023】

図1の装置では、まず、スキャナ等の光学系画像入力部10で画像を読み取り、入力画像処理部12で、ノイズの除去やエッジ強調等の処理を行う。画像データは、イメージバスインタフェース14を介して、階層分離／近似／直交変換・

量子化を行う部分（階層分離／近似処理部）2100に送られる。

【0024】

階層分離／近似処理部2100は、タイルメモリ2000と、像域分離部2001と、特徴抽出器2002と、階層分離部2003と、BG（バックグラウンド）メモリ2004と、FG（フォアグラウンド）メモリ2005と、ビットマップメモリ2006と、直交変換器（DCT）2007と、BG近似処理器2008と、FG近似処理器2009と、量子化テーブル2010と、乗算器212と、量子化器2011と、を有する。

【0025】

階層分離／近似処理部2100により、近似あるいは量子化された画像データと、タイルの像域判定結果を示すフラグ情報と、タイル内の各画素がBG／FGのどちらに属するかを示すビットマップデータと、近似処理が可能であったか否かを示すフラグ情報は、算術符号器（可変長符号器）1001で、符号化される。メモリ1006は、タイルの像域判定結果を示すフラグ情報および近似処理が可能であったか否かを示すフラグ情報を、一時的に蓄積するためのメモリである。また、算術符号器1001の動作は、制御部1007により、統括的に制御される。

【0026】

算術符号器1001で符号化されたデータ（符号データ）は、システムバスインタフェース16およびシステムバス18を介して、符号メモリ4006に一旦、蓄積される。参照符号4008はMPUであり、参照符号4007は、DMAコントローラであり、参照符号4005は、タイル管理テーブルである。

【0027】

システムバスインタフェース16は、符号データの転送用のDMAポートと、タイル情報管理テーブル4005にデータを転送するためのDMAポートを有している点に特徴がある。これらのDMA要求信号に応じてデータを転送すると、1ページの符号化終了時点では図4のようなタイル管理テーブルが作られる（後述）。

【0028】

また、符号化レート制御部3000は、装置のもつ能力を考慮し、符号化レ-

ト（一つのタイルの符号化に伴って発生する符号量）が所定の範囲に収まるように、帰還制御を行う。符号化レートの増減は、量子化器 2 0 1 1 における量子化ステップ幅（量子化の基本単位）を変更することにより行う。

【 0 0 2 9 】

例えば、符号メモリ 4 0 0 6 をオーバーフローする危険がある場合には、量子化ステップ幅を大きくして量子化を粗くし、これにより符号量を減らす。一方、符号メモリ 4 0 0 6 に空き領域が多い場合には、量子化ステップ幅を小さくして、量子化の精度を上げることにより符号量を増大させ（つまり、画質を向上させ）、符号メモリ 4 0 0 6 を、常に、最大限に活用する。また、符号量を帰還制御して所定の範囲内に保つことは、符号化処理全体のパイプラインの乱れを防止するのにも役立つ。

【 0 0 3 0 】

図 1 では、符号化を行う部分の構成のみを説明した。図 2 に、複合機 2 0 の全体構成を示す。符号復号化部 1 5 により復号されたデータは、出力画像処理部 1 7 と、画像出力部 1 9 を経て、出力（印刷）される。

【 0 0 3 1 】

符号復号化装置からは、符号データとタイル管理データが DMA 制御回路 4 0 0 7 によって、点線で示すようにそれぞれのメモリ 4 0 0 6 と 4 0 0 5 に転送される。DMA 制御回路 4 0 0 7 と MPU 4 0 0 8 は、符号復号化装置 1 5 を制御する。

【 0 0 3 2 】

本発明では、入力される多値画像の 1 ページ分を、図 3（a）に示すようなタイル（マクロブロック）を単位として分割し、各タイル毎に符号化する。つまり、タイルの先頭毎に、符号化処理を初期化する。これにより、各タイルを独立に復元することができる。

【 0 0 3 3 】

本実施の形態では、図 3（a）に示すように、タイル（マクロブロック） 2 0 1 は、3 2 画素×3 2 画素の大きな領域である。

【 0 0 3 4 】

タイル201は、16個のブロック（8画素×8画素からなるマイクロブロック）の集合体である。このブロック（マイクロブロック）202は、図1の直交変換器2007によるDCT（離散コサイン変換）の単位となるブロックである。図3（a）において、矢印は、符号化の順序を示している。

【0035】

図3（b）に示すように、1枚の多値画像200はタイル201に区分される。横方向の一行の帯を、本実施の形態では、ストライプ（SP）と呼ぶ。

【0036】

図4は、図1および図2に示されるタイル管理テーブル4005の構成例を示す図である。

【0037】

タイルを独立に復号化しないのであれば、このような管理テーブルは必要ない。タイル単位で符号化することのメリットは、タイル画像の拡大、縮小や回転等を、他のタイルと独立に自由に行えることである。

【0038】

タイルの復号化順序が符号化時のそれと異なるときは、タイルの先頭符号が符号メモリのどこに書かれているかを知る必要がある。そのため、タイル管理テーブル4005には、タイルの識別番号毎に、各タイルの先頭の符号がページの先頭からどれくらいオフセットしているかを記憶する。オフセット値は符号バイト数のカウント値である。

【0039】

2つのDMAポートによって、符号データとタイル情報をメモリに転送すると、1ページ終了時点で任意のタイルを復元するための情報が自然に構成できる。復号器で、例えば第*i*番目のタイルを復元するにはタイル管理テーブルの先頭から*i*ワードだけオフセットさせたメモリ4006の番地に、そのタイルの先頭符号のアドレスBi2000が書かれている。

【0040】

MPU4008は、この値を読んで、図2の符号復号化部15に設けられた所定のレジスタに設定し、復号化コマンドを発行すればよい。符号バイト数のカウン

トやDMA出力も含め、このように符号復号化部を構成することは容易に実現できる。

【 0 0 4 1 】

以下、図 1 に示される装置における、像域判定、階層化、近似処理、DCT・量子化の処理の特徴について説明する。

【 0 0 4 2 】

いま、図 5 (a) に示すような、2 値画像と中間調画像が混在する混在画像（多値画像）を符号化する場合を考える。この 1 枚の画像は、T 1 ～T 9 の 9 枚のタイル（マクロブロック）に区分される。

【 0 0 4 3 】

タイル T 1 ～T 3 は、文字（線画）タイルであり、タイル T 4 ～T 9 は、中間調タイルである。本発明では、まず、タイル（マクロブロック）を単位として像域判定を行い、文字（線画）タイルであるか、中間調タイルであるかを判定する。

【 0 0 4 4 】

そして、本発明では、次に、タイル内の階層化を行う。

【 0 0 4 5 】

図 5 (b) に、タイル T 2（文字タイル）のみを抜き出して示す。文字タイルといっても、光学系で読み取った画像であるため、エッジ部には中間調の成分を含む領域が存在する。このエッジ部分の中間調部分は、視覚特性に大きな影響を及ぼすので無視できない。従来のように、微細なマイクロブロックを単位として近視眼的に像域判定すると、誤判定が増えるため、本発明の実施の形態では、タイル（マクロブロック）という大きな単位内の全画素の輝度分布を調べ、タイル内の全画素の輝度分布の形状に基づき、前景（フォアグラウンド：FG）と、背景（バックグラウンド：BG）とを、画素単位で区分する。つまり、文字タイル T 2 を、黒一色の部分（FG）と、その周囲に存在する白い部分（文字のエッジの中間調部分を包含する部分：BG）とに階層分離する。

【 0 0 4 6 】

階層分離は、FGとBGに分離すること限定されるものではなく、それ以上

の階層に分離してもよいことはいうまでもない。

【 0 0 4 7 】

また、本実施の形態では、文字タイルについてのみ、FGとBGの階層分離を実施するが、中間調タイルであっても、このような階層分離ができる場合もある。

【 0 0 4 8 】

例えば、図 5 (a) の中間調タイル T 4 ~ T 9 に着目すると、タイル T 9 の、雨粒の部分 (領域 Z 1) は、他の中間調タイルにおける、花や雲の複雑な濃淡の画像にくらべて、濃度分布が限定されており、画像が単純である。このような場合、雨粒をFG (前景) とし、背景 (BG) と分離することも可能である。

【 0 0 4 9 】

このように、符号化対象の多値画像の特質を考慮し、注目する特徴毎に、適応的に階層分離を行うことは、画質向上に大いに役立つ。

【 0 0 5 0 】

このような階層分離を行うと、エントロピーが増大するため、これを抑える必要があり、そこで、本発明では、近似処理を併用する。また、画像の複雑さのみに依存して符号量の変動しないように、装置の能力を考慮した帰還制御により、符号量を安定化させる。

【 0 0 5 1 】

すなわち、本発明の大きな特徴は、像域分離、階層分離およびそれらの近似処理を同時に用いる点にある。像域判定せずにすべてのタイル画像を階層分離すると、一つの間調画像が、2つの階層に分かれるのでエントロピーが極端に増大し、符号データ量が増加する。更にビットマップ情報 (階層化された1つのタイル内の画像がFG / BGのどちらに属するかを示すフラグ情報) も加わるので圧縮率を上げることはできない。コンピュータで作成した2値画像と写真の合成画像のような理想的な混在画像であれば、このような方法でも高度に圧縮できる可能性があるが、スキャナ入力画像ではうまく行かない。

【 0 0 5 2 】

この問題を解決するために第1段階で像域判定を導入した。文書画像はビット

マップ画像に情報が集中し、写真や網点画像はBGメモリに情報が集中する。これらの中間的な画像、例えば文字画像のエッジの鈍った部分などは2つの階層に分かれて符号化される。そして、2つの階調情報に分けることによるエントロピーの増大を、その後の近似処理によって低下させる。また、全体の符号量を、装置の能力やパイプラインの整合性を考慮して強制的に制御する。これが本発明の符号化方式の基本的な考え方である。

【 0 0 5 3 】

以上説明した、図1の装置の動作の特徴をまとめると、図6のようになる。

【 0 0 5 4 】

まず、タイル（マクロブロック）単位の像域判定を行って、中間調タイルと文字（線画）タイルに区分する（ステップ300）。

【 0 0 5 5 】

次に、文字（線画）タイルについて、そのタイルに含まれる全画素の輝度分布に基づき、階層分離を行い、FGとBGを分離する。同時に、各画素がBGとFGのどちらに属するかを示すビットマップデータを生成する（ステップ301）。

【 0 0 5 6 】

次に、それぞれの階層（BGとFG）について、近似処理が可能かどうかを判定する（ステップ302，303）。近似処理は、その階層に属する全画素の輝度を一つの輝度値で近似する処理である。ここで、FG（前景）は、黒一色であり、近似しても目につきにくいので、より緩やかな判定条件の下で近似処理の可／不可を判定する。これに対し、BG（背景）は、文字エッジの中間調部分という重要な成分を含むので、近似処理により、このような重要な成分を失わせることには十分に慎重でなければならない。そこで、より厳格な条件の下で、近似処理の可／不可を判定する。

【 0 0 5 7 】

近似処理可能ならば、近似処理を実行し（ステップ305，306）、近似ができない場合には、JPEGと同様に、DCT（離散コサイン変換）を行う（ステップ304，307）。ここで、DCTは、図3（a）に示す、8画素×8画素の

ブロック（マイクロブロック）を単位として行われる。例えば、一つのブロック内のほとんどの画素がBGに属すると判定され、例外的にFGと判定される画素が含まれる場合には、その画素の階調レベルを255（白）として、DCTを行う。ダミー値を“255”に設定するのは、BG（背景）が白っぽいので、BG領域の境界エッジが急峻となるのを防止するためである。つまり、空間周波数が高くなると、量子化誤差が大きくなり、復号化の際、誤差の影響で本来のBG画素にダメージが及びやすくなるので、これを防止するためである。

【0058】

次に、DCT変換係数を量子化する（ステップ308，309）。このときの、量子化ステップ幅は負帰還制御により適応的に変更される。量子化ステップ幅の変更は、スケーリングファクタというパラメータ値を変更をすることにより行われる。

【0059】

そして、DCT変換係数の量子化値や、FG/BGの近似値を、圧縮率の高い可変長符号で符号化する（ステップ310～313）。また、同時に、BGやFGについて、近似処理が可能であったか否かを示すフラグも符号化する（ステップ314）。符号データは、図1の符号メモリ4006に蓄積される。

【0060】

一方、符号化レートの推定が行われ（ステップ315）、その推定値が所定の範囲内に収まるように制御すべく、スケーリングファクタが生成される。スケーリングファクタは、整数値と実数値の2種類がある。まず、簡単な整数値のスケーリングファクタを生成し（ステップ316）、その整数値のスケーリングファクタを可変長符号化する（ステップ318）。一方、整数値のスケーリングファクタから、所定の関係式に基づいて実数値のスケーリングファクタを算出し（ステップ317）、その実数値のスケーリングファクタを用いて量子化ステップ幅を制御し、符号量を調整する。

【0061】

以上が、図1の装置の動作の特徴である。

【0062】

次に、図 1 の装置の各部毎に、具体的に説明する。

復号化は符号化の逆演算として導かれるので以下では符号化を説明する。

【0063】

図 1 に示されるように、本発明の装置の主な構成要素は、階層分離／近似処理部 1000 と、算術符号器 1001 と、レート推定器 3000 と、および符号器全体を制御する制御部 1007 である。必要なタイミング信号は、ここから各部に供給される。

【0064】

算術符号器 1001 は更に、数値コンテキスト生成器 1002 と、ビットマップコンテキスト生成器 1003 と、算術符号演算器 1004 から構成されている。メモリ 1006 は、タイルの属性を示すフラグ情報を記憶する。

階層分離／近似処理部 2100 の入力信号は、多値画像と量子化器のスケールファクタ（実数値のスケール係数） β_i である。

【0065】

本実施例では、階調値は 256 階調とし、1 画素は 8 ビットで表されるものとする。出力信号は直交変換係数の量子化値、レベル情報、フラグ情報、量子化器のスケール係数などの数値情報とビットマップデータである。

【0066】

数値データは数値コンテキスト生成部 1002 に入力し、算術符号化のための符号化シンボルとコンテキスト識別信号 (CTXID) がここで作られる。

【0067】

ビットマップデータも同様に、ビットマップコンテキスト生成器 1003 に入力し、符号化シンボルとコンテキスト識別信号が作られる。算術符号演算器 1004 では、これらの情報をもとにシンボルの確率推定値を使った符号化演算が行われ、符号データが出力される。

【0068】

レート推定器 3000 はタイル符号化の初めに、それまで符号化した画像量と符号データ量から符号化レートを推定する。

【0069】

その推定値に基づいて量子化幅を決定するためのスケーリング係数を算出する。量子化ステップ幅は、予め周波数成分毎に定めた量子化幅をスケーリング係数 β_i で一様にスケーリングすることによって決定する。

【 0 0 7 0 】

スケーリング係数は、まず整数値スケーリング係数 α_i を計算し、次にそれを実数値 β_i に1対1に変換する。量子化器に供給されるのは β_i であり、符号化されるのは α_i である。

【 0 0 7 1 】

以下、階層分離／近似処理部 2 1 0 0 と、レート推定器 3 0 0 0 を中心に、実施例の詳細を説明する。

【 0 0 7 2 】

図 7 は、階層分離／近似処理部 2 1 0 0 の構成を示すブロック図である。

【 0 0 7 3 】

この部分における処理を大別すると、タイル画像の像域分離、2値画像と判断されたタイル画像の階層分離、階層分離された信号の近似処理、およびDCTによる直交変換と量子化処理から構成されている。

【 0 0 7 4 】

多値画像は図 5 (b) に示すように予め定めた大きさのタイルによって覆われている。タイルの形は簡単のため正方形とするが、例外的に画像の右端と下端ではタイルサイズと画像の大きさから決まる長方形となる。

【 0 0 7 5 】

本実施例では、前述のように、一つのタイルは 3 2 画素× 3 2 画素の大きさである。一つのタイルは更にブロックに分かれる。ブロックは変換符号化の単位で、ここでは 8 画素× 8 画素の大きさである。このブロック単位にDCT変換し、変換係数を量子化して可変長符号化される。

符号化の対象となるタイル画像がタイルメモリ 2 0 0 0 に入力する。タイル画像は特徴抽出器 2 0 0 2 の情報をもとにして像域分離される。

【 0 0 7 6 】

像域分離は、タイル画像が2値画像部分に属するのか、中間調画像部分に属す

るのかをタイル単位で判断する。対象タイルが写真のような中間調画像であれば中間調画像判別信号が出力され、2値画像とみなせれば2値画像判別信号が出力される。像域分離は、以下のように行われる。

【0077】

図8(a), (b)は像域分離処理の説明図である。

【0078】

理解の容易のために、図8(b)に示されるような、「と」という文字が記載された文字タイルを想定する。図8(a)は、図8(b)に示すような文字タイルに含まれる全画素の輝度値のヒストグラム(確率分布)を表し、横軸は輝度値、縦軸は発生頻度である。輝度値は8ビットで表現され、“0”が黒、“255”が白を表す。このような輝度ヒストグラムは、特徴抽出器2002により取得される。

【0079】

2値画像は、(1)分布のレンジが広く、ピークが両端に偏る、(2)狭い範囲に分布する、という特徴がある。この特徴を数値化し、その値と予め定めた基準とを比較して、2値画像タイルを判別する。2値画像タイルでなければ、中間調画像タイルと判断する。

【0080】

図8(a)に示す分布の両端であるAとBの範囲に属する画素数(peakNum)がタイルの総画素数の所定値(numTh)以上の時に、分布に偏りがあると判断できる。

【0081】

領域Aと領域Bの幅は、 $RANGE = \maxVal - \minVal$ から決まる閾値の一つである。この幅は本実施例ではともに、RANGEの $1/8$ とした。これらを使って第1の判定条件は次の(1)式のように表される。

2値判定条件1: $(peakNum > numTh) \&\& (RANGE > rangeTh) \dots (1)$

ここで、numThはタイル画素数の $3/4$ とした。またrangeThは分布の広がり判断する閾値で $rangeTh = 128$ 、&&は論理積である。上述の条件は、要するに、maxValとminValの差が階調のダイナミックレンジの $1/2$ 以上で、かつ分布の両端 $1/8$ に全画素数の $3/4$ 以上が分布している、という条件を表す。このような条件

を満たす場合に、文字タイル（2値タイル）と判定される。

【0082】

さらに、第2の判定条件として、タイル画像の濃度分布が極めて限定されており、一つの階調で近似できるような場合（近似しても、それほど問題が生じないと判断される場合）

も2値画像と判断した。即ち、下記（2）式を満たす場合も文字タイルと判定する。

2値判定条件2： $\maxVal - \minVal < 3 \cdots \cdots (2)$

したがって、上述の（1）式および（2）式のどちらかが満たされた場合に、2値画像タイルと判断する。なお、分布の両端の幅を示すA、BやnumTh、rangeThを変えることで判定基準を厳しくしたり緩めたりすることができる。また、既に符号化済みのタイルの属性によって、周辺が2値画像タイルの時には、対象タイルを2値画像と判定しやすいように閾値を変えるなどの適応化を行ってもよい。このような処理は容易に実現できる。

【0083】

特徴抽出器2002からは、タイルの属性（タイルが2値タイルであるか中間調タイルであるか）を示すBilevelTile (i) が出力される。この信号は、第i番目のタイルに関して2値画像タイルであるか、中間調タイルであるかを以下の（3）式で識別する。なお、タイルの番号は、ストライプの先頭でリセットしストライプ内部でタイル毎にカウントアップする。ストライプとはタイルサイズ×ライン幅からなる横長の部分画像のことである。

BilevelTile (i) = 1 第iタイルは中間調画像タイル

BilevelTile (i) = 0 第iタイルは2値画像タイル $\cdots \cdots (3)$

次に、文字タイル（2値タイル）と判定されたタイルについて、階層分離処理を行う。すなわち、2値画像信号は、更に階層信号に分離される。ここで階層信号とは、バックグラウンド信号（BG信号）とフォアグラウンド信号（FG信号）のことである。

【0084】

前述したように、文字エッジの周辺には、貴重な中間調成分が存在する。これ

らを、1つのタイルに含まれる全部の画素の輝度分布に基づいてバックグラウンド（BG）と判定し、文字の本体部分（フォアグラウンド）から分離することにより、文字エッジのもつ中間調情報を、自然な形態でそのまま保存できる点が、文字タイルに対する階層分離の大きなメリットである。なお、本実施例は、2階層に分離したが、より一般的には2階層以上の階層に分離してもよい。

【0085】

図9（a）、（b）は、階層分離処理を説明するための図である。図9（b）に示すように、文字タイルには、文字の本体部分（B）と、エッジの中間調部分（G）と、背景の白い部分（W）が存在する。階層分離処理では、1画素単位で、（W+G）の階層（バックグラウンド）と、Bの階層（フォアグラウンド）とを区別する。その処理内容は、以下のとおりである。

【0086】

各タイル毎にこの確率分布は異なる。図9（a）に示すように、輝度値の最大値をmaxVal、最小値をminValで表す。ここで、閾値FGthを、maxValとminValの中間値と定義する。

つまり、フォアグラウンド（FG）を分離する閾値をFGthとして、画素xの輝度値をL(x)とすると 階層分離は、次のように表される。

$L(x) \geq FGth \rightarrow x$ はBG（背景）に属する。

$L(x) < FGth \rightarrow x$ はFG（前景）に属する。

【0087】

図9（a）の輝度分布でいえば、輝度ピークP1が、図9（b）の白い背景（W）にあたる。そして、輝度P1に連なる部分P3（図中、点線で囲まれる部分）が、図9（b）の文字エッジの灰色の部分（G）に相当する。ピークP2は、文字本体の部分（B）に相当する。

【0088】

バックグラウンド信号は、BGメモリ2004に格納され、フォアグラウンド信号はFGメモリ2005に格納される。各画素が、どちらの階層に属するのかを識別するための情報を記憶するのがビットマップメモリ2006である。

【0089】

ビットマップメモリ2006からは、ビットマップ情報が出力される。ビットマップ情報が“1”の場合には、その画素がフォアグラウンドに属することを示す。タイルサイズを32画素×32画素としたので、ビットマップメモリ2006は32ビット×32ビットのメモリ容量である。BGメモリ2004とFGメモリ2005の容量はタイルメモリ2000と同一である。

【0090】

次に、近似処理が可能か否かの判断がなされる。近似処理は、エントロピーの増大を抑制するために行われる。ここでは、2値画像タイルを階層分離して得られるFG信号とBG信号の2値近似処理について説明する。

【0091】

基本的な考え方はFGもBGも同じなので、ここではFGを例に説明する。図10と図11は、FGの近似処理の説明図である。

【0092】

像域分離と同様に、2値近似の可否も、ヒストグラムの形状の特徴によって判断する。既に説明したように、FGとBGを分ける閾値FGthは、minValとmaxValの中間値である。図10の、FGのレンジを示すFGRANGEはFGthとminValの差とする。FGの近似条件は次のようにした。

FG近似条件： $FGpeakNum > FGnumTh \dots \dots \dots (4)$

ここで、FGpeakNumは図10の領域Cに入る画素数であり、領域幅CはFGRANGEの1/2とした。FGnumThは判定の閾値でFGの総画素数の1/2とした。つまり、総画素数の1/2以上が、領域Cに集中して分布していれば、2値近似可能と判断する。

【0093】

これは比較的緩い条件である。先に説明したように、FGの場合、BGのような中間調成分を含まず、少々の輝度変化があっても人の視覚にはさしたる影響を与えないので（つまり、FGの近似むらはBGのむらよりも目立ちにくいと考えられるので）、比較的緩い条件で、2値近似の可否を判断するのである。

【0094】

判定の厳しさは領域Cの幅とFGnumThによって調整できる。また周囲条件による

適応化も容易である。近似処理の比率が上がると圧縮率が向上する。

【 0 0 9 5 】

FG（前景）が2値近似可能と判断されると、図 1 1 のようにFGの分布が一つのレベル信号FGlevelによって近似表現される。FGlevelはFG画素値の平均値とした。つまり、図 1 0 の領域Cに含まれる“（輝度レベル×画素数）の総和／全画素数”により、平均値を求め、これを、FGの代表値とする。このFGlevel（FGレベル情報）は、算術符号化される。

【 0 0 9 6 】

一方、FGが2値近似できないと判断されると、FG信号は中間調タイルと同様にDCT変換符号化される。

【 0 0 9 7 】

BGも同様の考えに基づいて分布の偏りから、2値近似の可否を判断するが、判定基準はFGよりも数段厳しい条件とした。BGの分布が極めて偏っているときは一つのレベル信号BGlevelによって近似表現される。

【 0 0 9 8 】

図 1 1 のような輝度分布の場合、バックグラウンド（BG）については、ピーク P 1 への集中が見られるものの、無視できない中間調部分（点線で囲まれる P 3 部分：文字エッジの中間調部分）が存在するので、2値近似不可と判定される。

【 0 0 9 9 】

BGを2値近似可能な場合において、その近似値BGlevelは、最も画素が集中している部分（つまりピーク）の輝度値（ピーク値）とする。つまり、BGlevelは、むらを目立たなくするようにBG分布のピーク値とする。BGが2値近似できないと判断されると、BG信号は中間調タイルと同様にDCT変換符号化される。

【 0 1 0 0 】

2値近似の可否の判断がなされ、また、近似処理がなされると、これに伴い、判断結果や2値レベルを示す信号が生成される。

【 0 1 0 1 】

近似処理器 2 0 0 8 の出力信号は、BGレベル情報とフラグ情報BilevelBG (i) である。BGレベル情報はバックグラウンド信号が一つの階調値で近似できる場合に

その値を表す信号である。2値近似できないときは、BGメモリの内容がDCT部2007に送られ、これが符号化される。

【0102】

フラグ情報BilevelBG (i) はバックグラウンド(BG)信号が2値近似できるか否かを示すフラグである。フラグの意味は次の通りである。

BilevelBG (i) = 1 第iタイルのBG信号は2値近似可能

BilevelBG (i) = 0 第iタイルのBG信号は2値近似不可

FGメモリの近似処理結果を表すFGレベル情報とBilevelFG (i) についても同様であり、フラグの意味は次の通りである。FG信号が2値近似できないときは、FGメモリの内容であるFG階調信号2022がDCT変換される。

BilevelFG (i) = 1 第iタイルのFG信号は2値近似可能

BilevelFG (i) = 0 第iタイルのFG信号は2値近似不可

上述のとおり、2値近似できない、FGおよびBGの各信号については、DCT（直交変換手段）2007によって周波数成分に変換される。周波数成分は一つのDC成分と63個のAC成分から成る。

【0103】

ここで、量子化テーブル2010は周波数毎の量子化ステップ幅を記憶している。それをスケーリング係数 β_i によってスケーリングして量子化器2011によって量子化する。

【0104】

DCT変換した(p, q)成分を $U_{p,q}$ 、それに対応する量子化幅を $Q_{p,q}$ とすると、量子化演算を本実施例では次式の通り定義している。ここで、 $\text{round}(x)$ はxの四捨五入を、 $\text{floor}(x)$ はxを超えない最大の整数を表す。

$\text{round}(U_{p,q} / \text{floor}(Q_{p,q} / \beta_i))$, (p, q=0...7)

ここで、 $\text{floor}(Q_{p,q} / \beta_i)$ が量子化ステップ幅であり、 β_i が大きいとステップ幅は小さく、量子化誤差が小さくなるので画質が向上する。同時に符号量は増大する。一つのタイル画像をDCT変換符号化するには図3(b)に示したように、ブロック（マイクロブロック）毎のDCT変換符号化を矢印で示す順序で繰り返す。

【0105】

以上のように階層分離／近似処理部 1 0 0 0 では、各タイル画像が文字、写真などその特徴に応じて直交変換係数、レベル情報、およびビットマップ情報によって適切に表現される。これらの情報は後続の算術符号器によって情報損出を伴うことなく高い効率で符号化される。

【0 1 0 6】

2 値近似された結果を示す B G レベル信号や F G レベル信号と、量子化された D C T 変換係数と、タイルが 2 値画像タイルであるか中間調タイルであるかを示すフラグ BilebelTile[i] と、各画素が B G / F G のどちらに属するかを示すビットマップ情報と、2 値近似の可否を示すフラグ情報 BilebelFG[i], BilebelBG[i] と、後に詳細に説明する整数値のスケーリングファクタとは、算術符号器 1 0 0 1 により、効率的に圧縮される。

【0 1 0 7】

以上説明した、符号化処理全体の動作をまとめると、図 1 2 (a) ～ (c) のようになる。

【0 1 0 8】

まず、図 1 2 (a) について説明する。

【0 1 0 9】

すなわち、処理 1 4 0 0 と処理 1 4 0 1 は初期化でありカウンタなどのリセットがこれにあたる。処理 1 4 0 2 でラインメモリに画像を入力する。図 1 にはこのためのメモリは図示していないが、1 ストライプ程度のメモリがあるものとする。

【0 1 1 0】

処理 1 4 0 3 では符号化対象タイルを選ぶ。タイルは左上の座標で指定できる。処理 1 4 0 4 は、ストライプ内部でタイルを識別する番号を更新する。

【0 1 1 1】

このカウンタは処理 1 4 0 1 でリセットされる。処理 1 4 0 5 にてタイルを独立に符号化するかどうかの動作モードを選択する。タイルを独立に符号化すると、復号時には符号化とは異なった順序でタイル画像を復元できる。独立に符号化する場合は処理 1 4 0 6 で符号器を初期化する。

【0112】

算術符号化を採用しているので、コンテキスト領域のクリアや符号化演算用レジスタの初期化がこれにあたる。処理1407は一つのタイル画像の像域分離および階層分離処理である。

【0113】

処理1408と処理1409はレート推定である。詳しくは、後に説明する。1410では、像域分離の結果を示すフラグBilevelTile (i) を符号化する。符号化に際して周辺タイルのフラグを参照してコンテキストを作る。図24はこの様子を示す。

【0114】

図24に示すように、T(i, j)が符号化対象タイルでi行j列に位置することを示す。その周辺3タイルのフラグの値から通りのコンテキストを作り符号化した。直前ストライプの8フラグ情報は図1のメモリ1006に記憶しておく。他のフラグ情報も同様に符号化した。

【0115】

処理1411の判断の結果、それが2値画像タイルであれば、ラベルCに移り階層分離符号化を行う。中間調タイルであれば処理1412でBGメモリの内容を直交変換符号化する。BGメモリには処理1407にて、タイル画像データが書かれている。その後、ラベルDに移りストライプ終了、ページ終了の判断によって終了となるか、終了となるまで上記の処理を繰り返す。

【0116】

次に、図12(B)について説明する。

【0117】

2値画像タイルの場合には処理1413でビットマップデータを符号化する。ビットマップデータの符号化はJBIGに類似した方式で符号化する。

【0118】

図25はビットマップを符号化するための参照画素配列を示す。JBIG同様、クエスチョンマークは符号化対象画素、10画素からなる“x”が参照画素である。

【0119】

参照画素が作る 1 0 2 4 個のコンテキスト毎に、符号化シンボル、符号化シンボル予測値、および確率推定値をもとに算術符号化する。算術符号化に必要な機能は図 1 の算術符号演算器 1 0 0 4 に含まれているものとする。

【 0 1 2 0 】

処理 1 4 1 4 はバックグラウンド画像が 2 値近似できるかどうかを示すフラグである BilevelBG (i) を符号化する。2 値近似できる時は処理 1 4 1 7 にてレベル情報を符号化する。この時、タイルを独立に符号化する場合はレベルそのものを符号化し、そうでない時は前のタイルの BG レベル値との差分を符号化する。2 値近似できない時は、処理 1 4 1 6 にて BG データを直交変換符号化する。処理 1 4 1 8 ～処理 1 4 2 1 は FG に対する同様の処理である。

処理 1 4 2 2 と処理 1 4 2 3 は符号器の終端処理判断である。ここまでに 1 つのタイルの符号化が終わる。処理 1 4 2 4 では画像量と符号量を積算し、次のタイルのレート推定の準備を行う。1 ストライプの処理が終わるまで以上の処理を繰り返し、1 ページ終了するまでストライプの処理を繰り返す。このようにして符号化処理が行われる。

【 0 1 2 1 】

以上説明したように、本発明では、符号化対象となる多値画像をタイル（マクロブロック）に分割し、輝度値が作るヒストグラムなどを用いた統計量から、そのタイルが 2 値画像（文字画像）であるのか、中間調画像であるのかを判別する。中間調画像タイルは JPEG に類似した DCT による直交変換で符号化する。それに対して 2 値画像タイルは、更にバックグラウンド画像とフォアグラウンド画像、およびビットマップ画像に階層分離する。階層分離はヒストグラムから閾値を求め、閾値より大きい輝度を持つ画素はバックグラウンド画像に、そうでない画素はフォアグラウンド画像に分ける。タイル画像の画素毎にそれがどちらの画像に属するかを示す情報が必要であり、それがビットマップ画像である。次に、バックグラウンド画像とフォアグラウンド画像を別々の基準で 2 値画像近似可能かどうかを判断する。2 値画像近似可能であれば、フォアグラウンド画像またはバックグラウンド画像を一つの輝度値で表現する。そうでなければ、中間調タイル画像と同様に直交変換符号化する。2 値画像タイルと中間調画像タイルが混在する場合も、バックグラ

ンド画像が2値近似できないときは、中間調画像として扱われるのでバックグラ
 ンドの画質に連続性が保たれ、むらが目立ちにくくなる。フォアグラウンド画像（
 濃度の高い画像）は、バックグラウンド画像に比較して粗く近似しても濃度むらが
 目に付きにくく、近似度をあげることによって圧縮率を上げることができる。

【0 1 2 2】

各タイル毎にその画像を表現する情報は、直交変換係数または近似された輝度
 値、ビットマップ情報である。これらの情報は高効率の可変長符号化によって符
 号データ列に変換する。同一符号化レートで比較して画質を上げるには、性能の
 高い可変長符号化が必要である。本発明では可変長符号化は算術符号を用いた。
 特に2値文書画像では画像情報はビットマップ情報に集約できる。本発明ではビ
 ットマップ情報はJBIGに類似した方法で符号化する。また、写真のような中間調
 画像はJPEG的に符号化されるので、文書画像はJBIGに近い符号量で、写真画像は
 JPEGに近い符号量で符号化できる。特に文書画像の場合は、本方式はJPEGで圧縮
 するのに比べて数倍の圧縮率が得られる。

【0 1 2 3】

次に、符号化レートの負帰還制御について説明する。

【0 1 2 4】

レート推定器は符号データ量を、あらかじめ定めた所定の範囲に抑え、同時に
 その符号化レートで画質を最適化できるように量子化器を制御する。

【0 1 2 5】

本実施例では、1画素8ビットの多値画像を1ビット／画素程度に圧縮するこ
 とを想定する。階層分離／近似処理部1000は画像を中間調情報とビットマッ
 プ等それ以外の情報に分離する。

【0 1 2 6】

本実施例ではレート制御は量子化ステップ幅によって制御するので、タイル画
 像から抽出した中間調成分が制御対象になる。文字画像は複雑な画像もJBIG的な
 圧縮によって、1ビット／画素以下に符号化できる。

図13はレート推定器のブロック構成図である。レート推定器は3つのブロッ
 ク、符号化レート推定器3000、スケーリング係数演算器3001、実数値マ

ッピング3002によって構成されている。

【0127】

符号化レート推定器、スケーリング係数演算器、実数値マッピングの順に動作を説明する。

【0128】

まず、図14によって記号を定義する。これから符号化するタイルを i 番目のタイルとする。 $i-1$ 番目までのタイルは既に符号化済みとする。 $i-1$ 番目のタイルから吐き出される符号長を C_{i-1} とする。 $i-2$ 、 $i-3$ 番目のタイルの符号量も同様に表される。ページの先頭から $i-1$ 番目までのタイルの符号長と画像サイズの積算値をそれぞれ、 $C(i-1)$ 、 $I(i-1)$ で表す。符号量の単位はバイト単位、画像量は画素数単位である。また、一つのタイルの画像サイズ（画素数）を It とする。これらの情報をもとに i 番目のタイルの符号量と符号化レートを予測する。予測値をそれぞれ記号“ $\hat{\cdot}$ ”を付けて区別し \hat{C}_{i-1} 、 \hat{R}_{i-1} などと表す。

【0129】

図15は、符号化レート推定値とスケーリングファクタの増減の様子を示している。レート推定器に与えられるパラメータは、符号化レートの目標値、目標値を中心とする所定範囲を定めるパラメータとして目標値の a 倍（以下目標値 $\times a$ ）、同様に目標値 $\times b$ 、目標値 $\times c$ 、目標値 $\times d$ である。ここで記号“ \times ”は掛け算である。本実施例では、 $a = 1.03$ 、 $b = 0.97$ 、 $c = 0.9$ 、 $d = 1.1$ とした。

【0130】

図15の右側に示すように、目標値 $\times d$ より上の範囲を領域A、目標値 $\times c$ より下の領域を領域C、目標値 $\times c$ から目標値 $\times d$ の間を領域Bとする。また、領域Bの内部は図示するように領域B1と領域B2に分ける。

【0131】

符号化レート推定値が目標値より小さく、領域Cにある時はスケーリングファクタを大きく増加させる。これとは逆に領域Aにあるときは、スケーリングファクタを大きく減少させる。こうして目標値への収束を早める。

【0132】

目標値に近い領域B1とB2ではスケーリングファクタをレート推定値の変化に応じて適応的に変化させる。目標値の近傍である領域B1と領域B2の間ではスケーリングファクタは変化させない。こうすることによって、目標値の近くでは符号化レートの変化が小さく安定化する。符号化レートは当然、画像の複雑さによって局所的に変化する。スケーリングファクタを上述のように制御して画像の局所局所の変化に対する速やかな追従と画像変化の小さな部分での推定の安定化を図っている。

【0 1 3 3】

符号レート推定の手順の概要は、図16に示すとおりである。
すなわち、初期化処理の後（ステップ620）、累積画像サイズおよび累積符号長のスケールダウン処理を行い、符号量の増大に伴う推定感度の減少を補正する（ステップ621）。

【0 1 3 4】

次に、タイル毎の符号量が増大傾向にあるか否か、あるいは、タイル毎の符号量が減少傾向にあるかを判定する（ステップ622、623）。

【0 1 3 5】

そして、タイル毎の符号量が増大・減少傾向にあるときは、現在のタイルの符号量を符号量の推定値とし（ステップ624）、増大・減少傾向があるときは、現在のタイルの符号量に調整値を加算して符号量の推定値とする（ステップ625）。

【0 1 3 6】

そして、所定の方法で符号化レートの推定値を求め（ステップ626）、現在の符号化レートを算出して（ステップ627）、一つの処理が終了する。

【0 1 3 7】

符号化レートの推定に際し、i番目のタイルの符号化レート推定値 \hat{R}_i は、2種類あり、具体的には、次のように計算する。

$$\hat{R}_i = 8 * (\text{scale}[C(i-1)] + \hat{C}_i) / (\text{scale}[I(i-1)] + I_t) \cdots \cdots (5)$$

$$\hat{R}_i (= R_{i-1}) = 8 * C(i-1) / I(i-1) \cdots \cdots (6)$$

ここで、式(5)の記号*は乗算、 $\text{scale}[C(i-1)]$ と $\text{scale}[I(i-1)]$ は符号長と画像量の積算値である $C(i-1)$ と $I(i-1)$ をその比率 $C(i-1)/I(i-1)$ を保つように比例的にスケールダウンした値を表す。

【0138】

即ち、 $\text{scale}[C(i-1)]/\text{scale}[I(i-1)] = C(i-1)/I(i-1)$ の関係が成立する。これら2種類の推定値のうち式(5)は図15における領域Bで使用し、式(6)は、図15の領域Aおよび領域Cで使用する推定値である。また、式(6)は $i-1$ 番目のタイルの符号化が終わった時点の符号化レートそのものである。

【0139】

本実施例では、 $\text{scale}[I(i-1)]$ がタイルの画素数とほぼ同等になるように、次式の範囲に収まるようスケールダウンした。

$$It < \text{scale}[I(i-1)] \leq 2*It \dots \dots \dots (7)$$

推定値を式(5)のようにした理由(符号量のスケールダウン処理を行う理由)は次の通りである。仮に、下記(8)式のように推定値を定義すると、符号化が進むにつれて画像量積算値 $I(i-1)$ と符号量積算値 $C(i-1)$ が単調増大し、 \hat{C}_i の変化が感じにくくなってしまう。

$$\hat{R}_i = 8*(C(i-1) + \hat{C}_i)/(I(i-1) + It) \dots \dots \dots (8)$$

つまり、感度が時間的に鈍くなるのを防ぐため、画像量積算値 $I(i-1)$ と符号量積算値 $C(i-1)$ を比率を保ってスケールダウンした。これが式(5)の推定値である。式(5)の推定値の中には累積値と瞬時瞬時の推定値の両方の要素が含まれている。これによって推定値の安定化と画像の局所変化に対する感度を両立させている。画像が均質なところでは推定が正確になり、局所変化の激しいところではその変動を速やかに検出できる。

【0140】

図17は、以上の符号化レート推定動作をフロー図で表現したものである。

【0141】

フローでは変数 $Isize$ と $Csize$ が使われている。それぞれ画像量と符号量を表す。処理1500と処理1501で画像積算値と符号量積算値をこれらの変数に入力する。処理1503～処理1507までが、 $\text{scale}[I(i-1)]$ と $\text{scale}[C(i-1)]$ を計算する処理であ

る。処理1508で*i*番目のタイルの符号量を直前のタイルの符号量で予測する。これは一例であり、より高度な時系列予測手法を使うこともできる。処理1509と処理1510で式(5)と式(6)の演算を実行する。

【0142】

次に、スケーリング係数演算の動作を説明する。

【0143】

既に図15に関連して説明したように、式(5)と式(6)で表される符号化レート予測値と目標値の差に応じて、スケーリング係数を決定する。このスケーリング係数により量子化ステップ幅が変更され、符号量が調節される。

【0144】

符号化レートの所定範囲は図15の領域Bであり、特に目標値の近傍である目標値×*b*から目標値×*a*の範囲に入るように制御したい。

【0145】

“整数値スケーリング係数 α_i ”は-256から+255の値をとるようにした。この値が“実数値スケーリング係数”にマッピング(1対1に対応付け)される。

【0146】

整数値スケーリング係数を小さく変化させると、符号化レートも小さく変化し、整数値スケーリング係数を大きく変化させると、符号化レートは大きく変化するようになる。画像データは局所局所でその複雑さは変動するので、画像の複雑さに応じてスケーリング係数の変化値 $\delta\alpha_i$ を変動させることによって、符号化レートの変化速度を適応化した。

【0147】

画像の複雑さの変化はレート推定値の変化で検出した。図18(a), (b)はそれぞれ、図15の領域B1と領域B2に適用する $\delta\alpha_i$ (1回の更新における α_i の変化量)の状態遷移図である。

【0148】

考え方はどちらも同じなので図18(a)について説明する。領域B1は符号化レート予測値が目標値を上回っているので、 α_i は減少させなければならない。

【0149】

図18(a)に示すようにスケーリング係数の変化値 $\delta \alpha_i$ は-1、-2、-3、-4の4通りとし、 R_i に応じて状態遷移によって決定する。例えば、 $\delta \alpha_i = -1$ の状態 $R_i > R_{i-1}$ であれば画像は複雑な方向に変化していると考えられるので、スケーリング係数の変動を大きくし $\delta \alpha_i = -2$ の状態に遷移する。 $\delta \alpha_i$ は-1と-4でクランプする。このように $\delta \alpha_i$ の値を複数設け、それらを状態遷移させることで、符号化レートの変化速度を容易に適応化することができる。図18(b)に示すように、領域B2における制御も同様である。こちらはスケーリング係数を増加方向に変化させる点が領域B1とは異なる。

【0150】

以上説明した、スケーリングファクタの演算処理の概要は、図19に示すようになる。

【0151】

まず、現在の符号化レートは、上限値を越えているか否かを判定し（ステップ820）、そうであれば、スケーリングファクタ α_i を大幅に（但し、段階的に）減少させる。現在の符号化レートが下限値を下回っているかを判定し（ステップ822）、そうであれば、スケーリングファクタ α_i を大幅に（但し、段階的に）増加させる。

【0152】

ステップ822の判断において、そうでないならば、次に、符号化レートの予測値は、上限の制御域B1にあるかを判定し（ステップ824）、そうであれば、スケーリングファクタ α_i を少しだけ（但し、段階的に）減少させる（ステップ825）。また、符号化レートの予測値が下側の制御域B2にあるかを判定し（ステップ826）、そうであれば、スケーリングファクタ α_i を少しだけ（但し、段階的に）増加させる。最後に、クランプ処理を行う（ステップ828）。

【0153】

図20は、具体的な処理フローを示す。

【0154】

処理1600と処理1601は符号化レート推定値 R_{i-1} が領域Aに入っている場合であり、速やかに符号化レートが下がるように $\delta \alpha_i$ の最大値4を減じてい

る。

【0155】

同様に処理1602と処理1603は符号化レート推定値 R_{i-1} が領域Cに入っている場合であり、この場合は速やかに符号化レートが上がるように $\delta \alpha_i$ の最大値4を加算している。

【0156】

処理1604は、処理1601または処理1603によって α_i が既に決定済みであるかどうかを判断する。そうであれば、処理1611に移り、 α_i のクランプ処理を行う。処理1611の $\max \alpha_i$ は α_i の最大値であり、“255”である。処理1613の $\min \alpha_i$ は最小値であり、“-256”を表す。処理1605から処理1607が領域B1における $\delta \alpha_i$ の決定処理である。同様に処理1608から処理1610が領域B2における $\delta \alpha_i$ の決定処理である。

【0157】

次に、整数値スケーリング係数 α_i から実数値スケーリング係数 β_i へのマッピングについて説明する。

【0158】

まず、スケーリング係数と符号化レートの関係について説明する。DCTのような直交変換符号化の場合、レート歪み理論から量子化器のステップ幅と量子化器出力信号のエントロピー H_q は次のような関係で近似できることが知られている。

$$H_q = (1/L\delta) \log_e \Pi (\varepsilon_j \sigma_j^2 / \Delta_j^2) \cdots \cdots (9)$$

ここで、 L はサブバンド数である。ブロックサイズは8画素×8画素のDCT変換の場合64個のサブバンドに分割されるので、本実施例では $L=64$ である。 Δ_j はサブバンド j の量子化ステップ幅である。 σ_j^2 はサブバンド j の信号エネルギー、 ε_j はサブバンド j 毎に定まる定数である。 δ は定数であり、 Π はサブバンド $j=0$ から $j=L-1$ までの積をとることを表す。スケーリング係数 β で Δ_j をスケーリングすると、量子化ステップ幅は $\text{floor}(\Delta_j / \beta)$ となるが、非線型関数で扱いにくいので連続関数で近似し Δ_j / β とすると、(13)式は次のように表される。

$$H_q = (1/L\delta) \log_e \Pi (\varepsilon_j \sigma_j^2 \beta^2 / \Delta_j^2) \cdots \cdots (10)$$

本実施例に対応させると、 Δ_j は量子化テーブルに設定された量子化ステップ幅であり、 β は実数値スケーリング係数である。

【0159】

H_q は量子化後のエントロピーを表すが、算術符号化によってこのエントロピーに極めて近いビット数で符号化できるので、 H_q は符号量を表している。(10)式から分かるように、 β の変化に対する符号化レート変化は H_q の β による微分であり、次のようになる。

$$dH_q/d\beta = 2/\delta\beta \cdots \cdots (11)$$

この式から分かるように、近似的には、符号化レートの変化量はスケーリング係数 β_i に逆比例することが分かる。

【0160】

本実施例では実数値スケーリング係数 β_i は整数値スケーリング係数 α_i から1:1マッピングによって求めるが、この時に α_i の値によらず符号化レートの変動をほぼ一定に保てるようにマッピングしたい。これは既に説明したように、画像の複雑さに応じた符号化レート変化速度の適応化は、 α_i の計算時に $\delta\alpha_i$ を状態遷移させることによって行っているためである。

【0161】

β_i に対するレート変動が β_i の逆数に比例するので、 α_i に対する β_i の変化は、変数 α_i に比例するようなマッピング関数、即ち β_i の α_i による微分 $d\beta_i/d\alpha_i$ が一次関数となるようにした。

【0162】

図21は、この関係を示したものである。関数1200が β_i と符号化レートの関係を表し、関数1201が α_i と β_i の対応を示している。こうすることによって、 α_i の変化 $\delta\alpha$ に対する符号化レートの変化 δR が、 α_i の値によらずほぼ一定となる。

【0163】

つまり、図21において、符号化レートを δR だけ変化させることを考える。この δR に対応する整数値のスケーリングファクタ α の変化量 $\delta\alpha$ は、 α がどの範囲にあるときも一定である（ただし、これに伴う実数値のスケーリングファク

タ β の変動幅は、 β がどの範囲にあるかによって異なる（図 21 中の $\delta\beta$ と $\delta\beta'$ ）。

【0164】

これにより、整数値のスケーリングファクタ (α) がどの位置にあるかを考慮することなく、単純に、符号化レートの変動幅に応じて整数値のスケーリングファクタ (α) を調整するだけで、これに応じた適切な実数値のスケーリングファクタ (β) を生成することができ、調整が非常に簡単になる。このような工夫をすることなく、符号化レートの変動量に対応する実数値のスケーリングファクタを直接計算するのは、非常に複雑である。

【0165】

実験的に、実数値スケーリング係数 β_i の範囲を 0.3 から約 8.0 とし、次式をマッピング関数とした。異なる β_i の範囲にマッピングする時も同様にしてマッピング関数を決定すればよい。

$$\beta_i = 0.00003 (\alpha_i + 256)^2 + 0.3 \cdots \cdots (12)$$

この式で α_i と β_i の関係を求め、ROM に設定しておけばよい（ルックアップテーブル方式）。これにより、ROM に対するアクセスだけで、実数値のスケーリングファクタを生成することが可能となり、複雑な演算が不要となる。

【0166】

つまり、整数値のスケーリングファクタ (α) から前記実数値のスケーリングファクタ (β) を生成するための関数 (f_1) の微分値が、前記符号化レートに対する前記実数値のスケーリングファクタ (β) の関係を示す関数 (f_2) の微分値の逆数となるように、符号化レートと、前記整数値のスケーリングファクタ (α) と、前記実数値のスケーリングファクタ (β) との相互の関係を決定する。これにより、整数値のスケーリングファクタ (α) がどの位置にあるかを考慮することなく、単純に、符号化レートの変動幅に対応する量だけ整数値のスケーリングファクタ (α) を調整するだけで、適切な実数値のスケーリングファクタ (β) を自動的に生成することができ、調整が非常に簡単になる。

【0167】

すなわち、整数値から実数値への変換という手法を用い、整数値を符号化する

ことにより符号量を減少させ、かつ、符号化レートと整数値と実数値との相互の関係を最適化することで、符号化レートの変動を補償するための実数値のスケールリングファクタを、複雑な計算なく、自動的に生成することが可能となる。

【0168】

以上説明したように、本発明では、タイル毎に符号化レートが予め定めた所定の範囲に入るように、量子化ステップ幅を帰還制御する。符号化レート制御は、各タイル符号化に先立って、それまでに処理した画像サイズと符号量から符号化レートの推定値を求め、それが所定範囲に入るように量子化ステップ幅を決定するためのスケールリング係数を計算する。スケールリング係数は整数値と実数値を対応付けして、整数値のみを符号化して符号量を減らす。一方、整数値と実数値との対応関係は、図21に示すような関係に設定する。これにより、スケールリング係数の計算に際しては、画像の複雑さに対するレート変動速度が適応化されることになる。なお、部分画像復号化についてはタイル毎に可変長符号器をリセットし、あたかも部分画像が独立した画像であるかのように扱えばよい。

【0169】

以上説明した本発明について、その符号化性能をシミュレーションによって検証した。

すなわち、本発明の符号化方式によれば、タイル単位の像域判定とタイル内の階層化により、従来に比べて貴重な情報が精度よく保存されることから、特に、文字の再現画像の画質が向上することは明らかである。但し、符号化処理において、再現画像の画質もさることながら、圧縮率が高いことも極めて重要である。つまり、本発明においては、階層化に伴う情報量の増大が、圧縮率にどのような影響を及ぼすかが重要である。

【0170】

したがって、以下のシミュレーションでは、本発明の方式における符号量（圧縮率）の点について検討している。

【0171】

図22は、各種の方式による圧縮性能を比較したものである。比較した方式は（1）本発明による方式（一点鎖線）、（2）誤差拡散+JBIG（実線）、（3）DCT

+量子化+算術符号化（点線）の3種類である。圧縮の対象は、混在画像（文字画像、写真画像、文字と写真の混在画像からなる画像）である。

【0172】

誤差拡散+JBIGは2値プリンタを採用した複合機の標準的な圧縮方式である。この方式は文書画像では極めて効率が高い。

【0173】

DCT+量子化+算術符号化は、JPEG的な直交変換符号化の代表として比較対象とした。図22の横軸は、誤差拡散+JBIGの符号化レートを示し、符号長によって画像の複雑さを測っている。

【0174】

図22において、左側の領域が文書画像であり、右側の領域が写真画像であり、その中間が各種の混在画像を示す。縦軸は上記3方式の符号化レートである。点線がDCT+量子化+算術符号化を示し、一点鎖線が本方式を示し、実線が誤差拡散+JBIGの圧縮性能を表す。実線に近いほど、誤差拡散+JBIGの符号量に近い（つまり、特に、文字画像の圧縮率が高い）ことを意味する。

【0175】

DCT+量子化+算術符号化では、文書画像で誤差拡散+JBIGに比べて約8倍の開きがある。本方式は誤差拡散+JBIGとほぼ同じ、画像によっては誤差拡散+JBIGよりも圧縮率が高くなる。また、混在画像や写真画像においても本方式は、DCT+量子化+算術符号化よりも符号量が少ないことが分かる。

【0176】

図23は、符号化レートの帰還制御の効果を示す図である。

【0177】

テスト画像は、画像電子学会No. 1チャート（文字と写真の混在画像）である。横軸はタイル番号であり、時間と同じである。縦軸は符号化レートである。所定範囲は1.0ビット/画素を中心としたプラスマイナス10%の範囲に設定した。

【0178】

図中、特性“A”は全体の符号化レート、特性“B”はBG情報の符号化レートの

時間変化を示す。また、特性“C”と“D”は重なっているが、それぞれビットマップ情報とFG情報である。各特性は、どれも安定している。最終の符号化レートは1.003ビット／画素であった。所定の範囲に、符号レートが制御されていることがわかる。

【0179】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、タイル（マクロブロック）単位の像域判定と、タイル内の階層化と、近似処理とを併用し、かつ、符号化レートの負帰還制御を行うことで、画像の種類を問わずに、究極的な画質を追求すると共に、一方で、高能率な圧縮により符号量を低減させ、同時に、装置の能力を最大限に活用して、現実的かつ安定的な符号化処理を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

複合機の要部の具体的構成例を示すブロック図

【図2】

複合機のシステムの全体構成を示すブロック図

【図3】

(a) タイル（マクロブロック）の内容を説明するための図

(b) タイル分割された1枚の画像を示す図

【図4】

タイル管理テーブルの内容を説明するための図

【図5】

(a) 混在画像の一例を示す図

(b) 一つのタイルの画像を示す図

【図6】

図1の複合機における、主要な動作を説明するためのフロー図

【図7】

階層分離／近似処理部の構成を示すブロック図

【図8】

- (a) 1つのタイルにおける輝度ヒストグラム（タイルの像域判定用）を示す図
- (b) 1つのタイルの画像の例を示す図

【図 9】

- (a) 1枚のタイルにおける輝度ヒストグラム（タイル内の階層化処理用）を示す図
- (b) 1枚のタイルの画像を示す図

【図 1 0】

階層化されたタイル内の画像について、2 値近似の可否を判定する処理を説明するための図

【図 1 1】

フォアグラウンド画像（F G 画像）について 2 値近似を行った場合の輝度分布を示す図

【図 1 2】

- (a) 符号化処理の手順を示すフロー図
- (b) 符号化処理の手順を示すフロー図
- (c) 符号化処理の手順を示すフロー図

【図 1 3】

符号化レート推定器の構成を示す図

【図 1 4】

符号化レート推定処理の内容を説明するための図

【図 1 5】

符号化レートの変動とスケーリングファクタの増減との関係を示す図

【図 1 6】

符号化レート推定処理の手順の概要を示すフロー図

【図 1 7】

符号化レート推定処理の手順の具体例を示すフロー図

【図 1 8】

- (a) 符号化レート推定値が、図 1 5 の領域 B 1 にある場合における、スケーリングファクタの状態遷移を示す図

(b) 符号化レート推定値が、図 1 5 の領域 B 2 にある場合における、スケーリングファクタの状態遷移を示す図

【図 1 9】

スケーリングファクタの計算手順の概要を示すフロー図

【図 2 0】

スケーリングファクタの計算手順の具体例を示すフロー図

【図 2 1】

符号化レートと実数値のスケーリングファクタ β_i と整数値のスケーリングファクタ α_i との相互の関係を示す図

【図 2 2】

本発明の符号化方式による圧縮率特性を、他の符号化方式の圧縮率特性と比較して示す図

【図 2 3】

本発明における符号化レートの負帰還制御による変動抑制効果を示す特性図

【図 2 4】

各種のフラグ情報を算術符号化する場合の、コンテキスト生成について説明するための図

【図 2 5】

ビットマップ情報を算術符号化する場合の、コンテキスト生成について説明するための図

【符号の説明】

- 1 0 光学系画像入力部
- 1 2 入力画像処理部
- 1 4 イメージバスインタフェース
- 1 6 システムバスインタフェース部
- 1 8 システムバス
- 1 0 0 1 算術符号復号器
- 2 1 0 0 階層分離／近似処理部
- 3 0 0 0 符号化レート推定部

4005 タイル管理テーブル

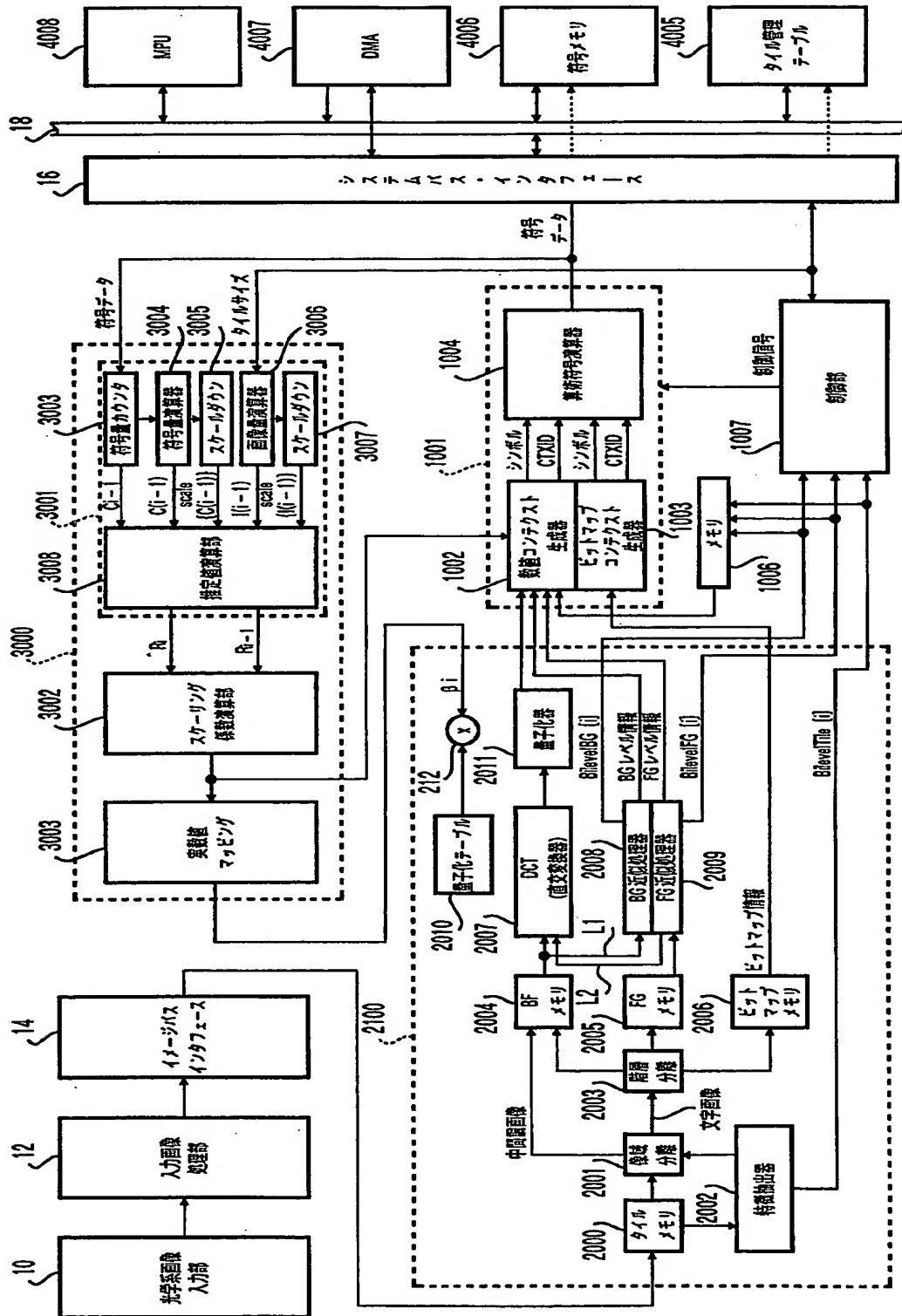
4006 符号メモリ

4007 DMA制御部

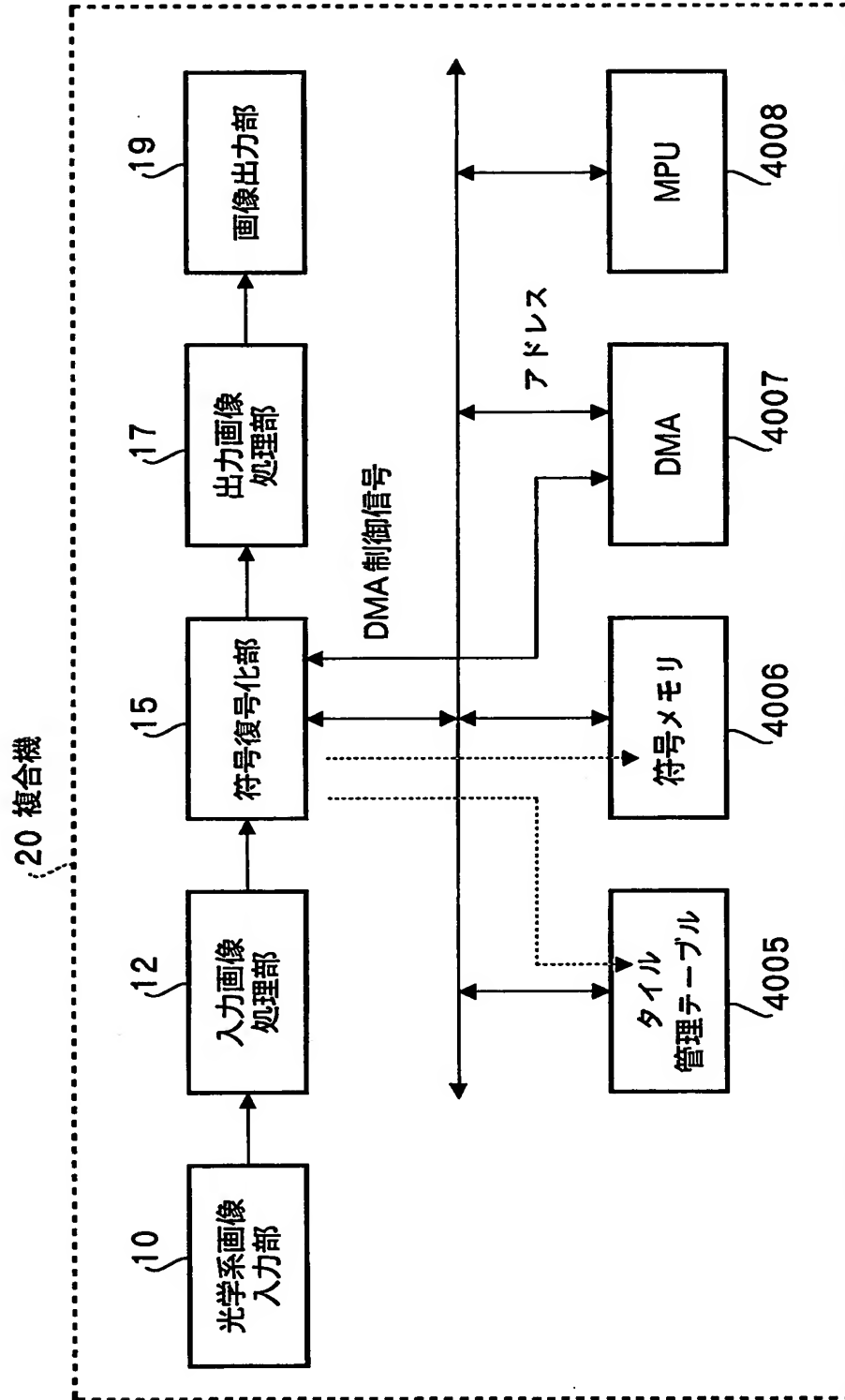
4008 MPU

【書類名】 図面

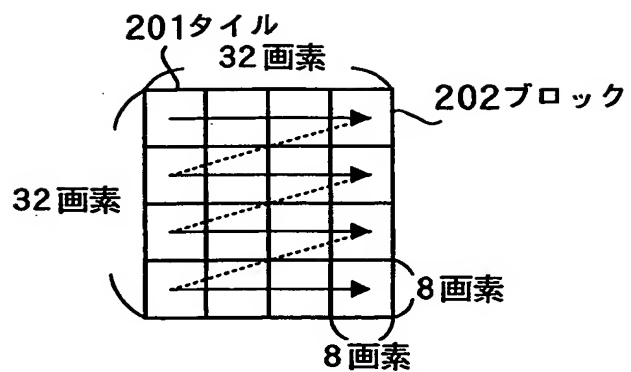
【図1】



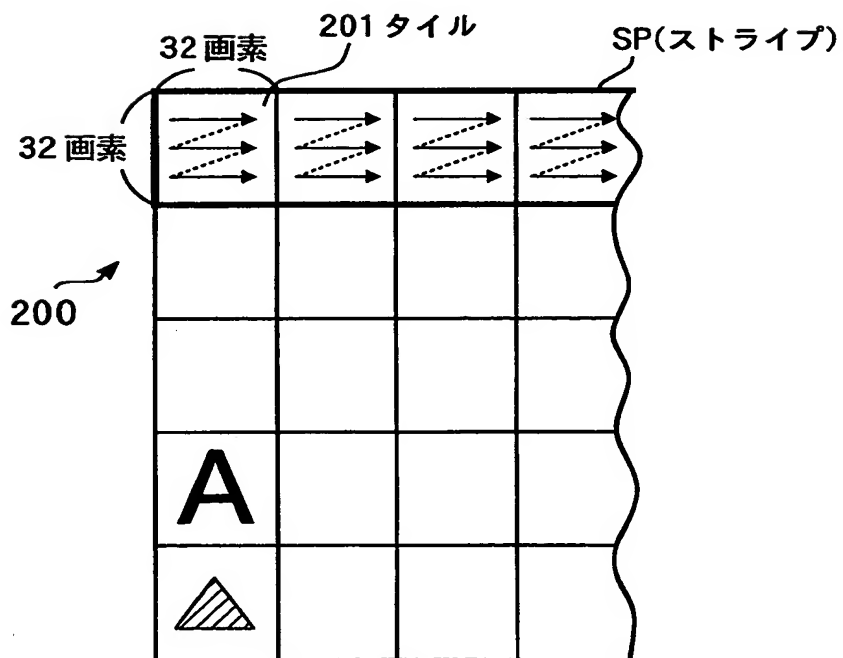
【図 2】



【図3】

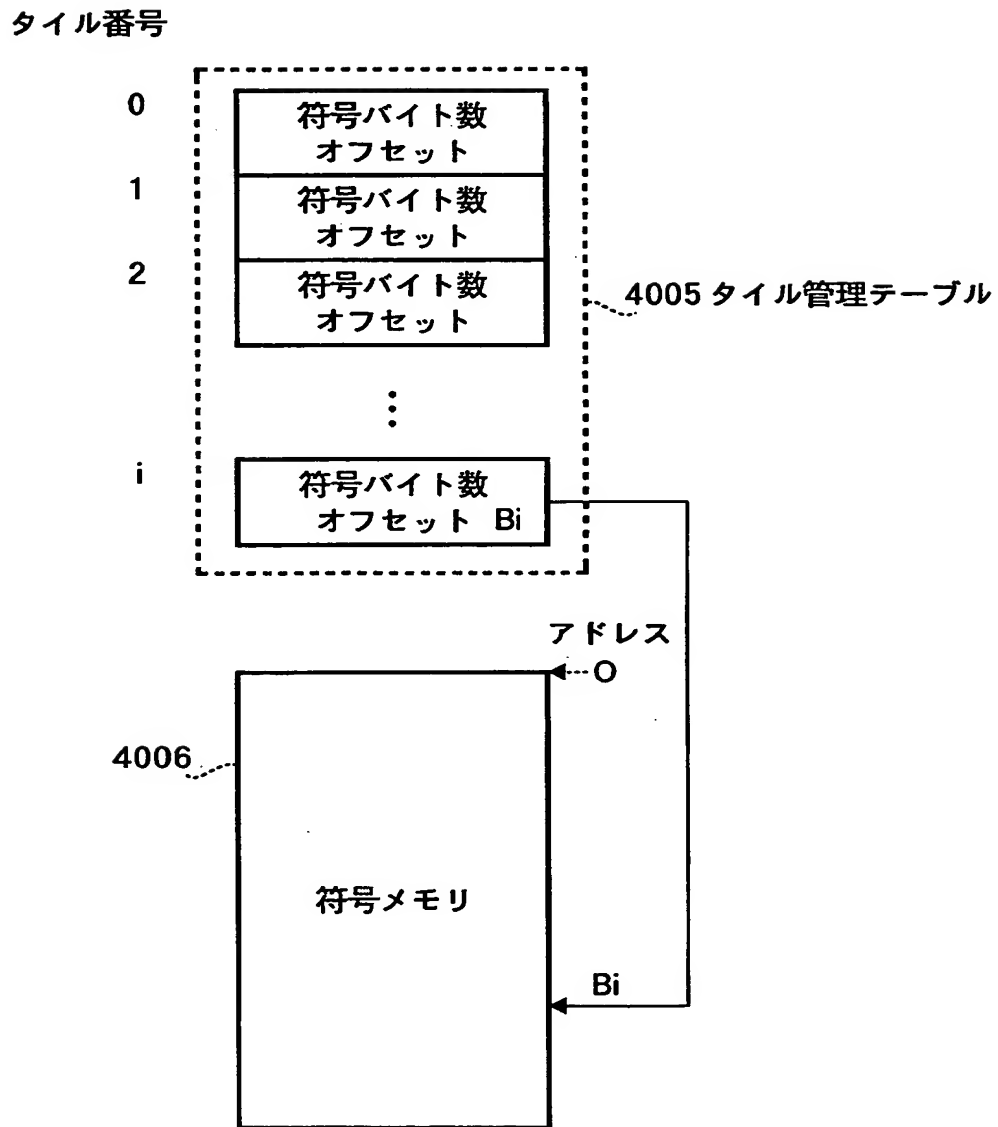


(a)

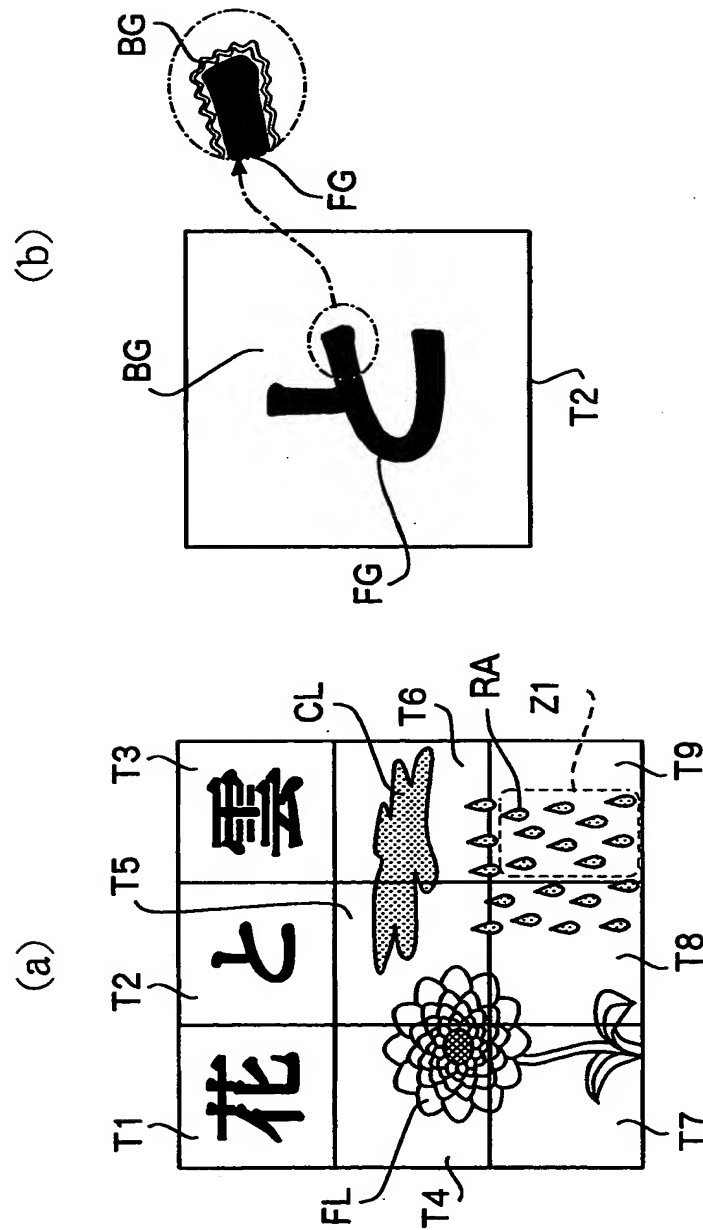


(b)

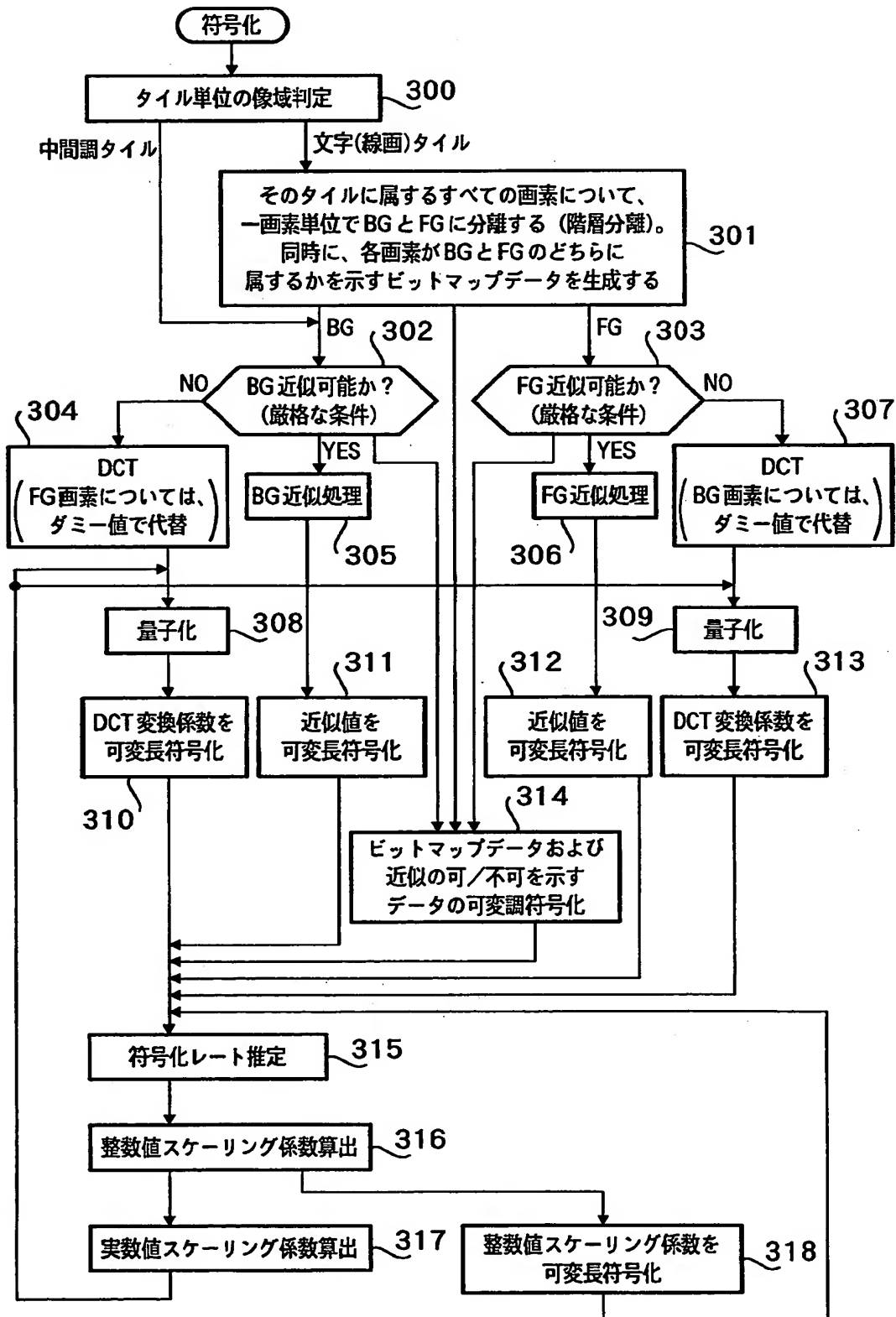
【図 4】



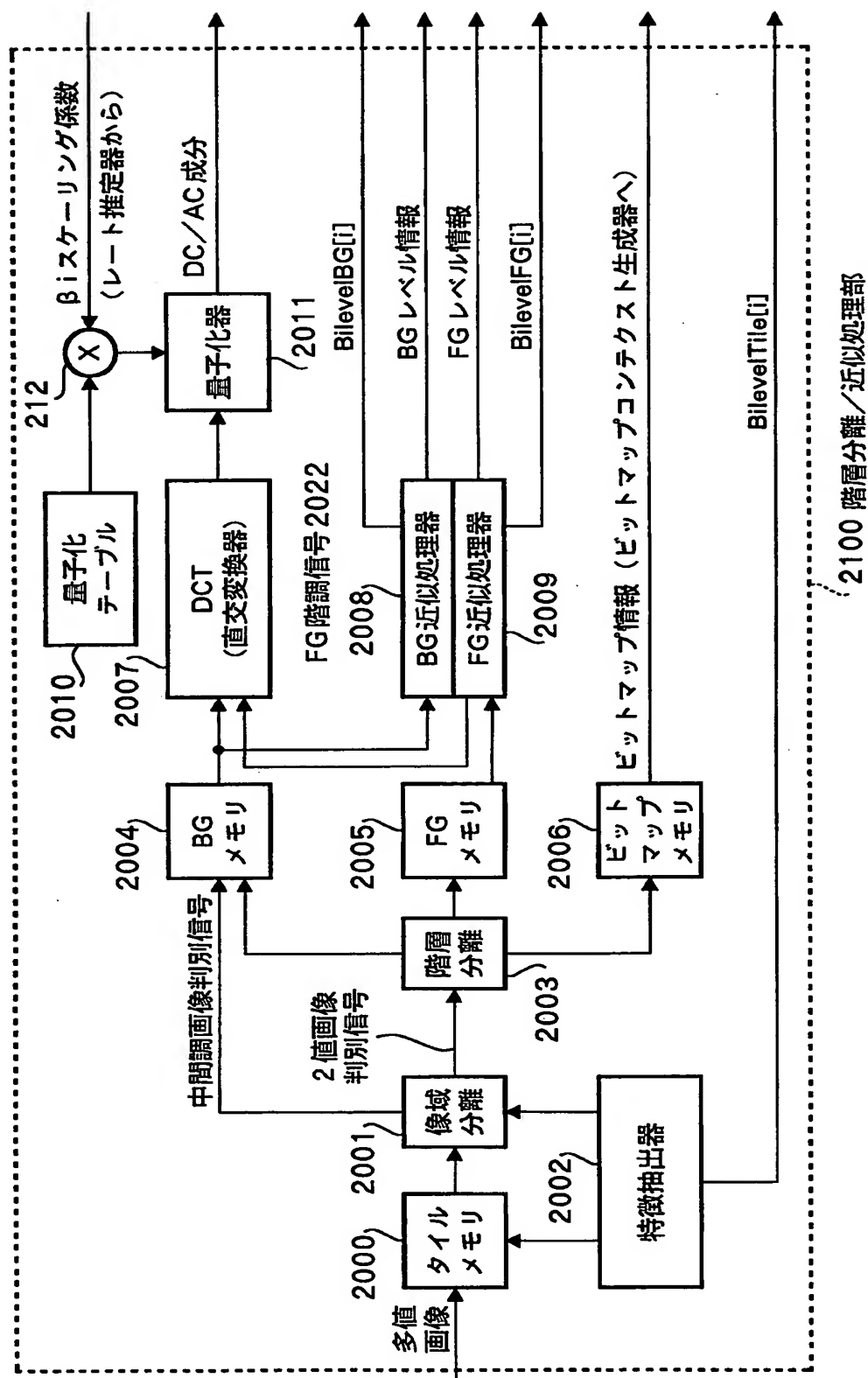
【図5】



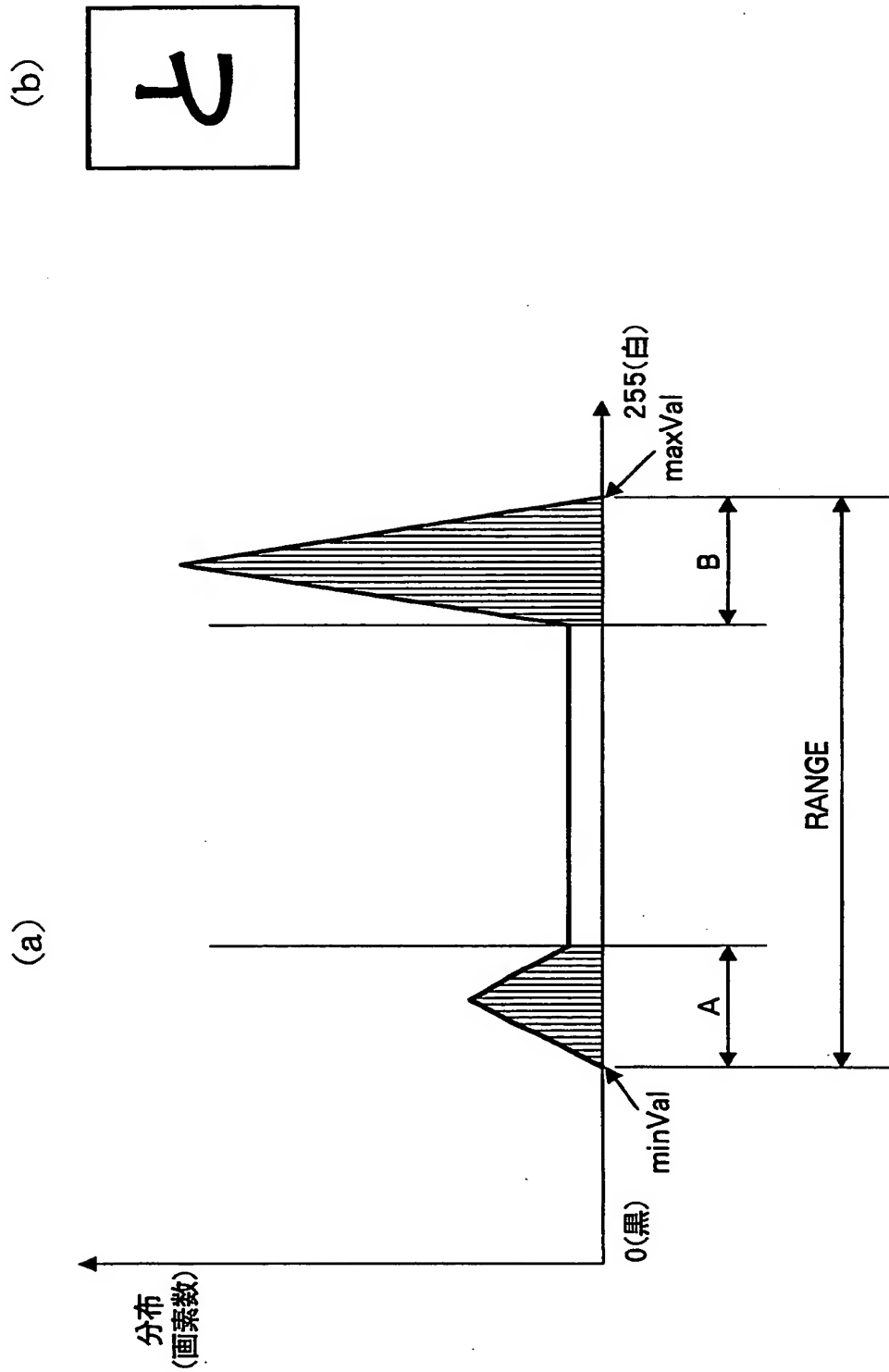
【図 6】



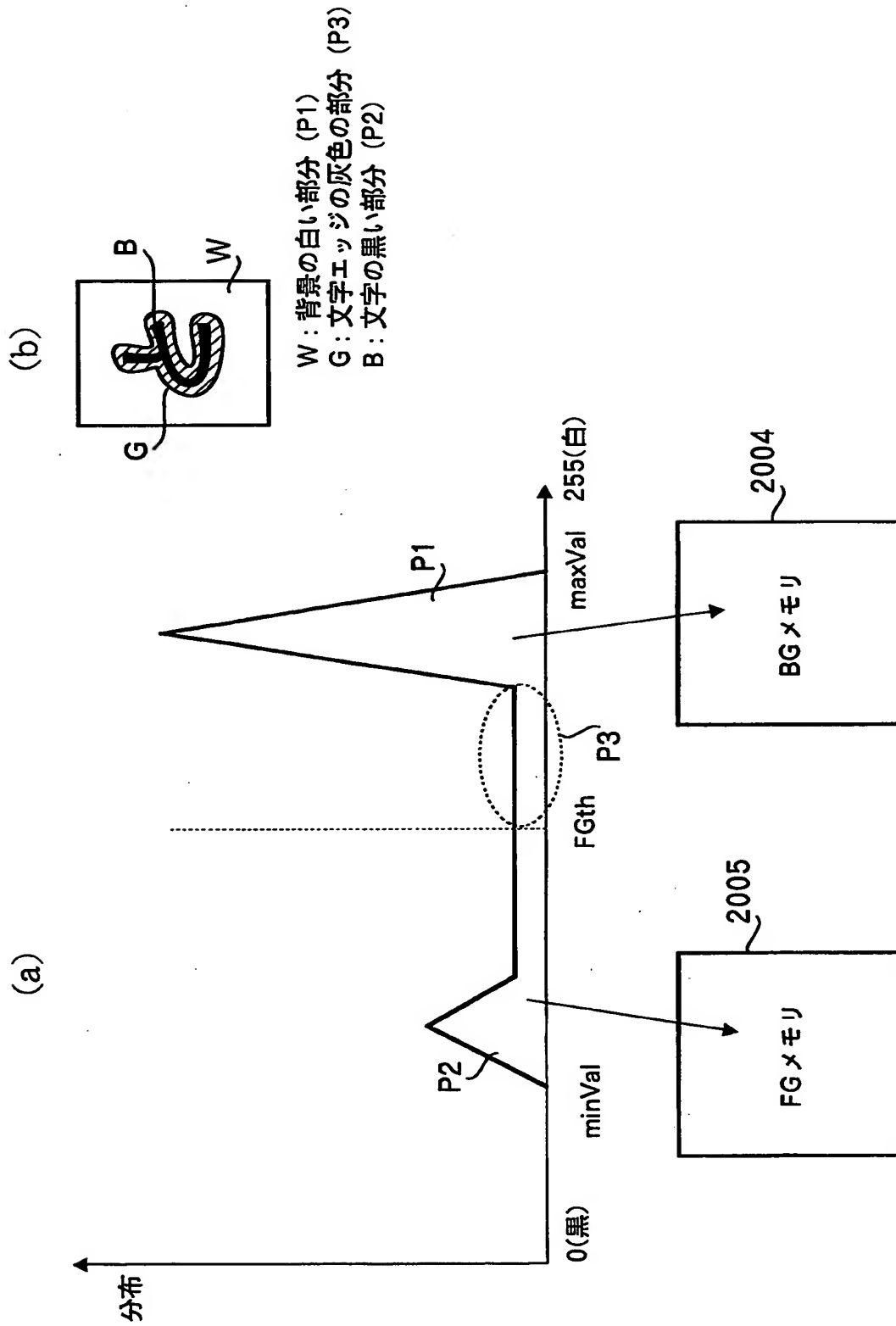
【图 7】



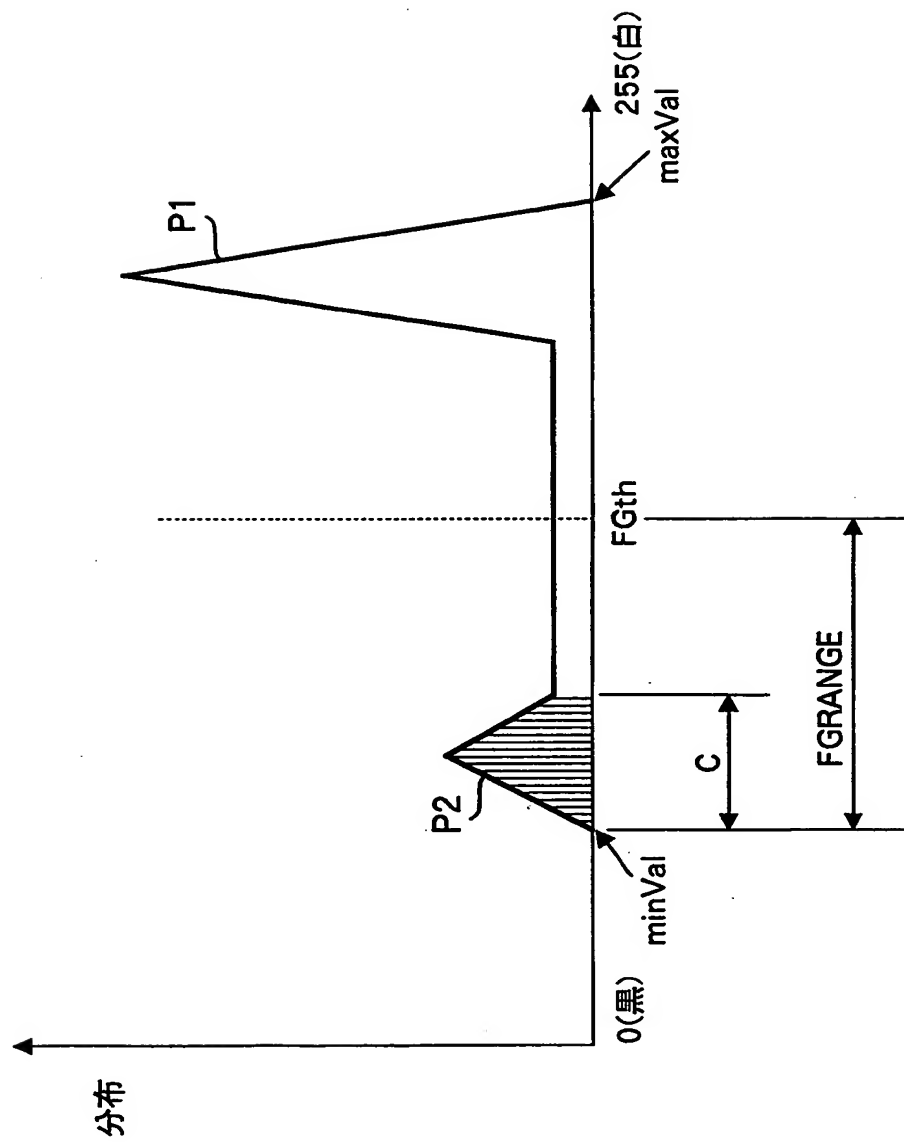
【図 8】



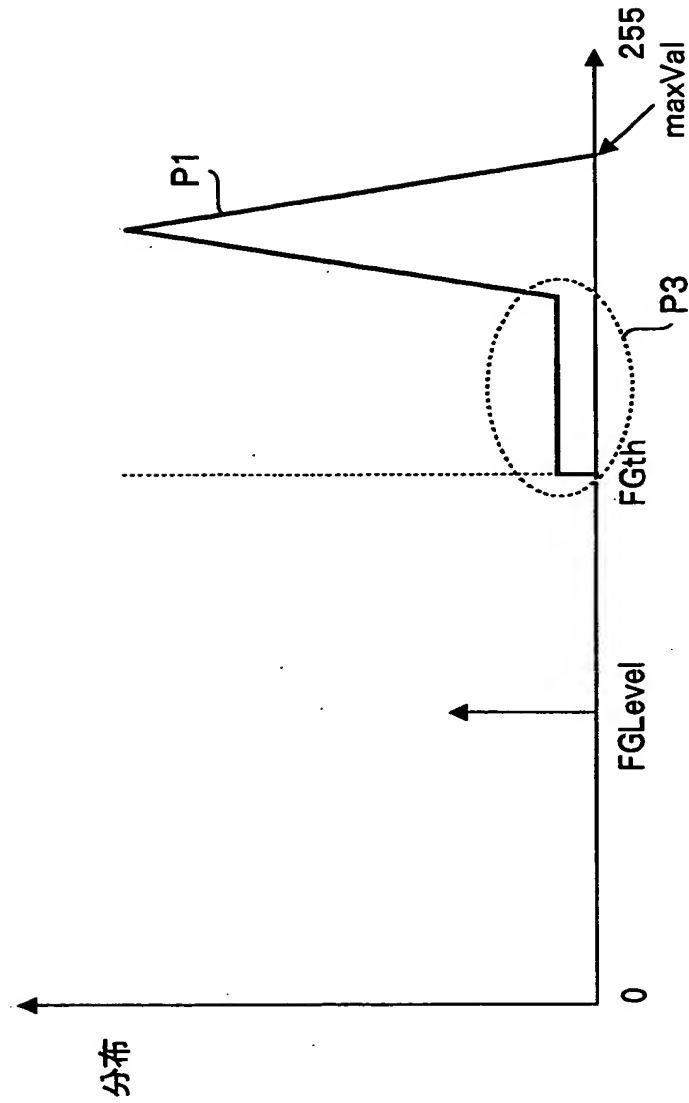
【図9】



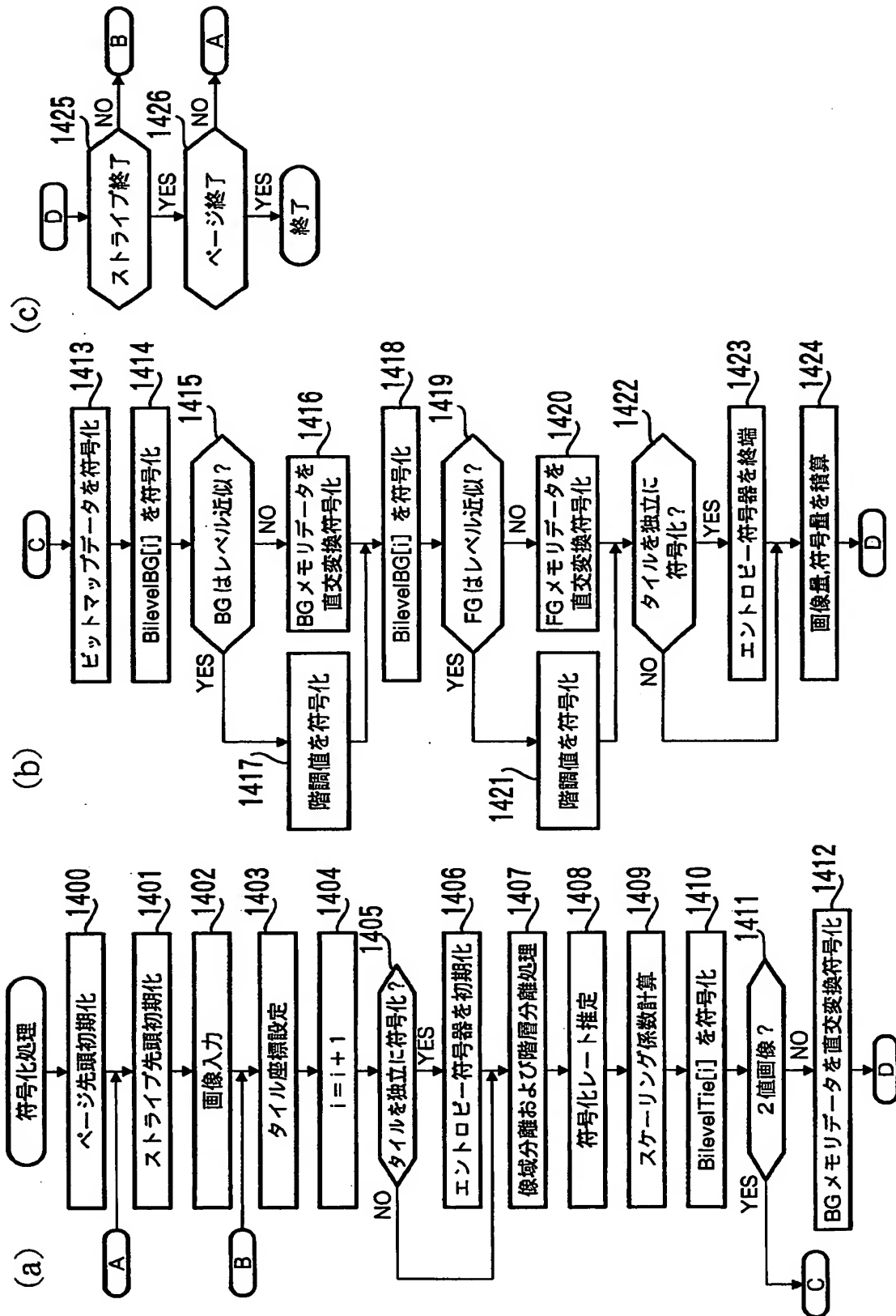
【図 1 0】



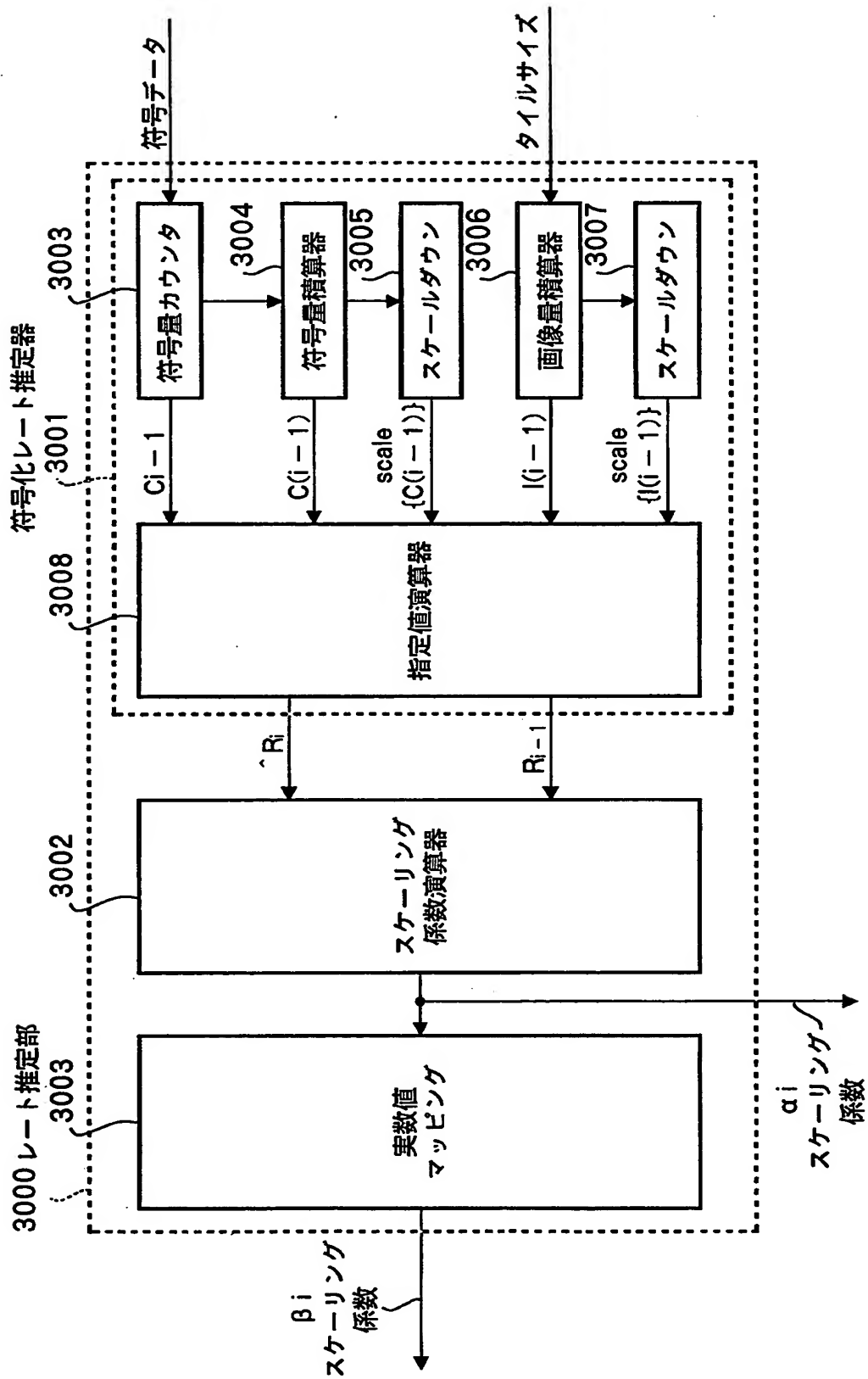
【図 1 1】



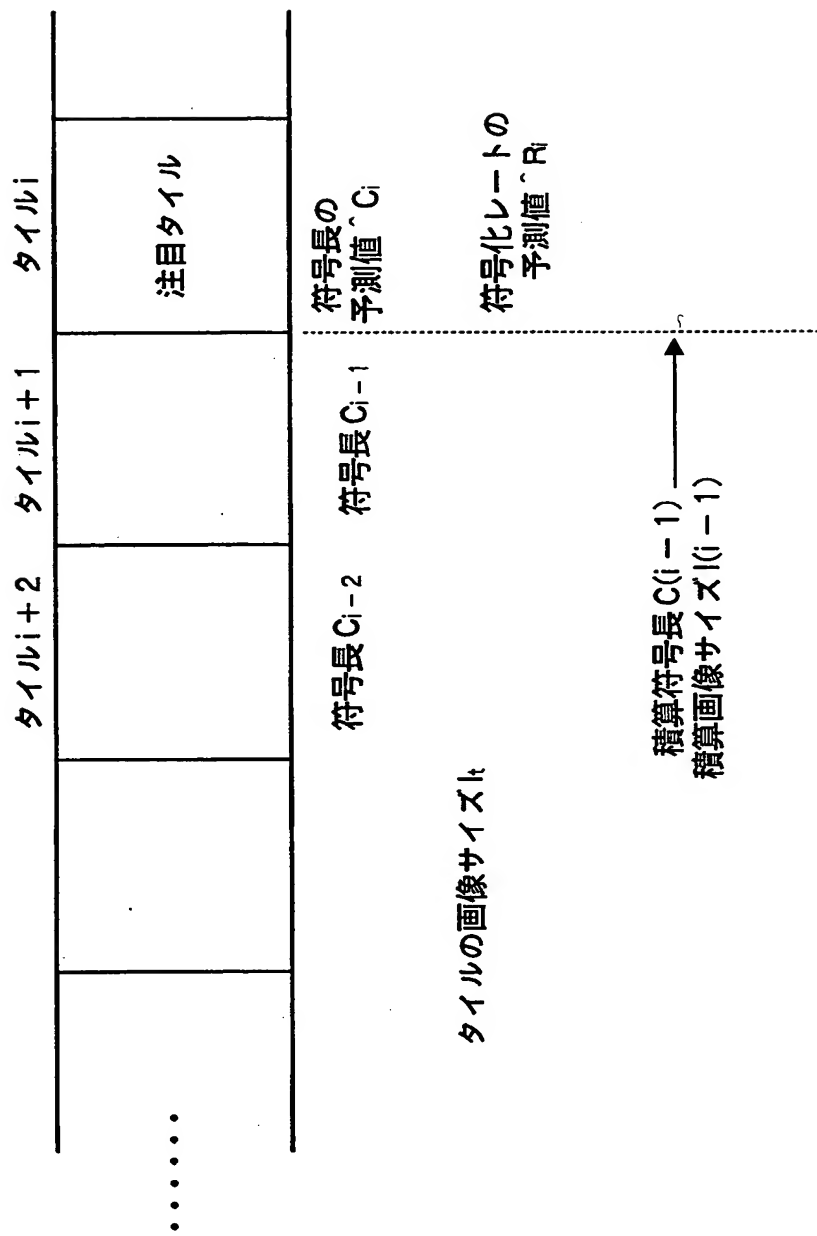
【図12】



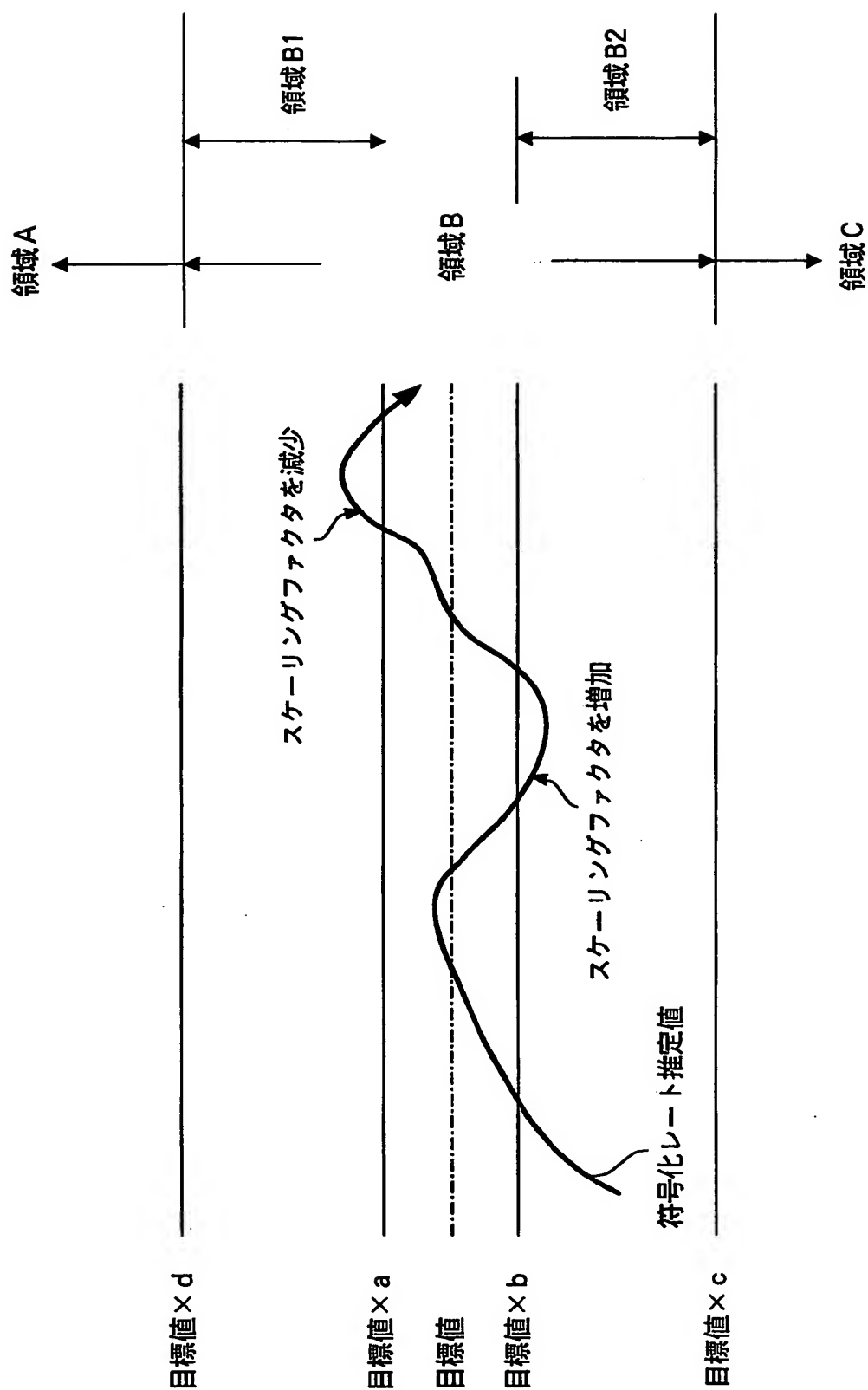
【図 13】



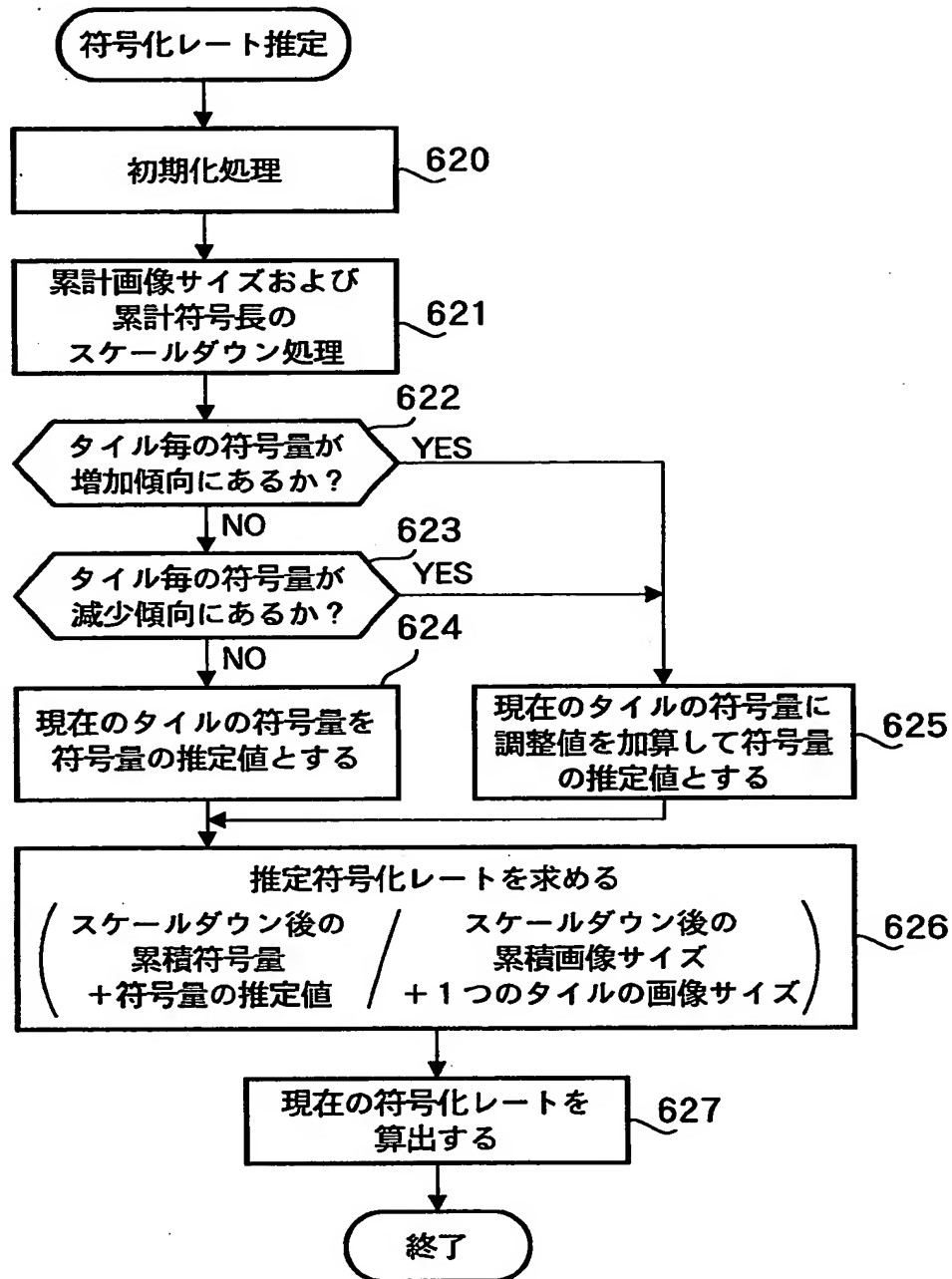
【図 1 4】



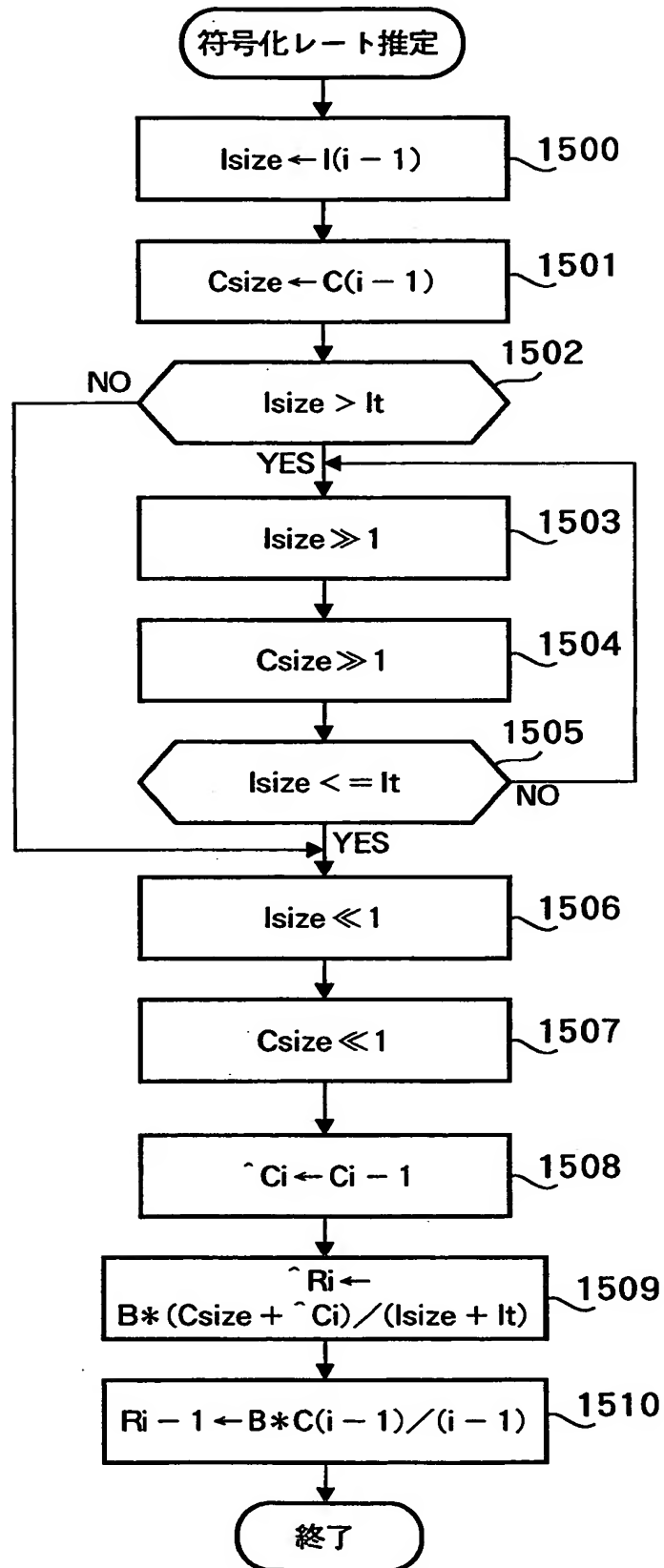
【図15】



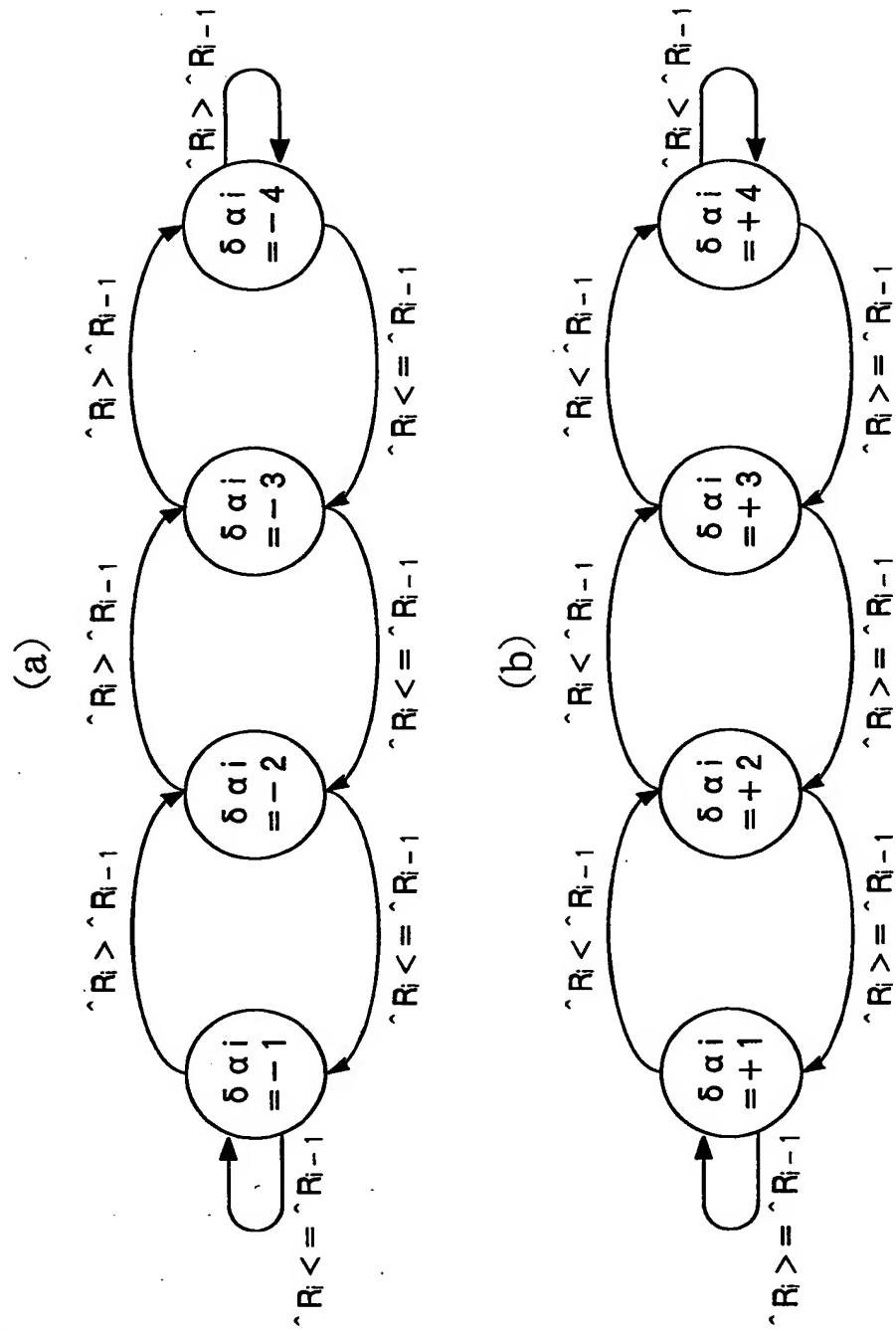
【図 16】



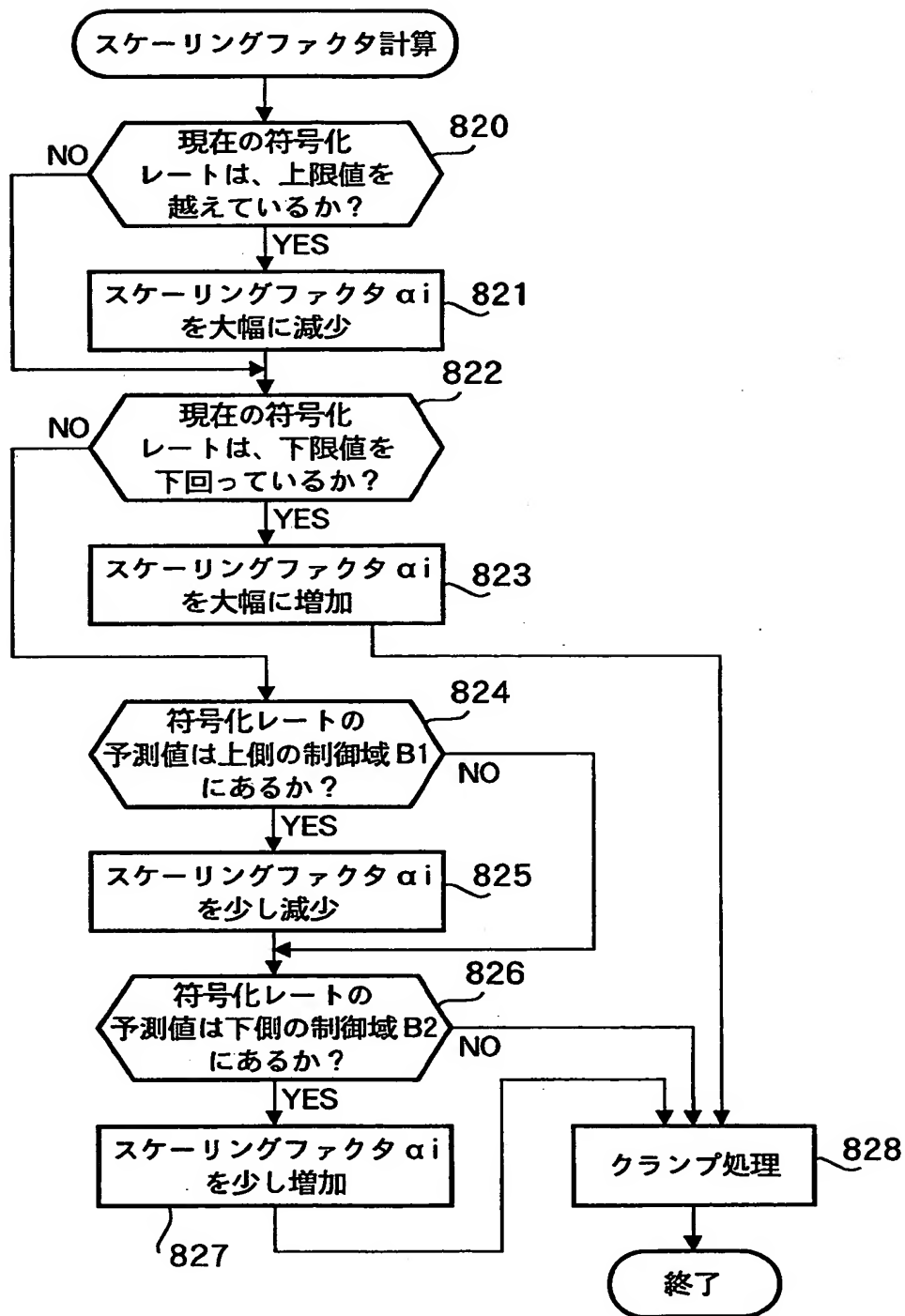
【図 17】



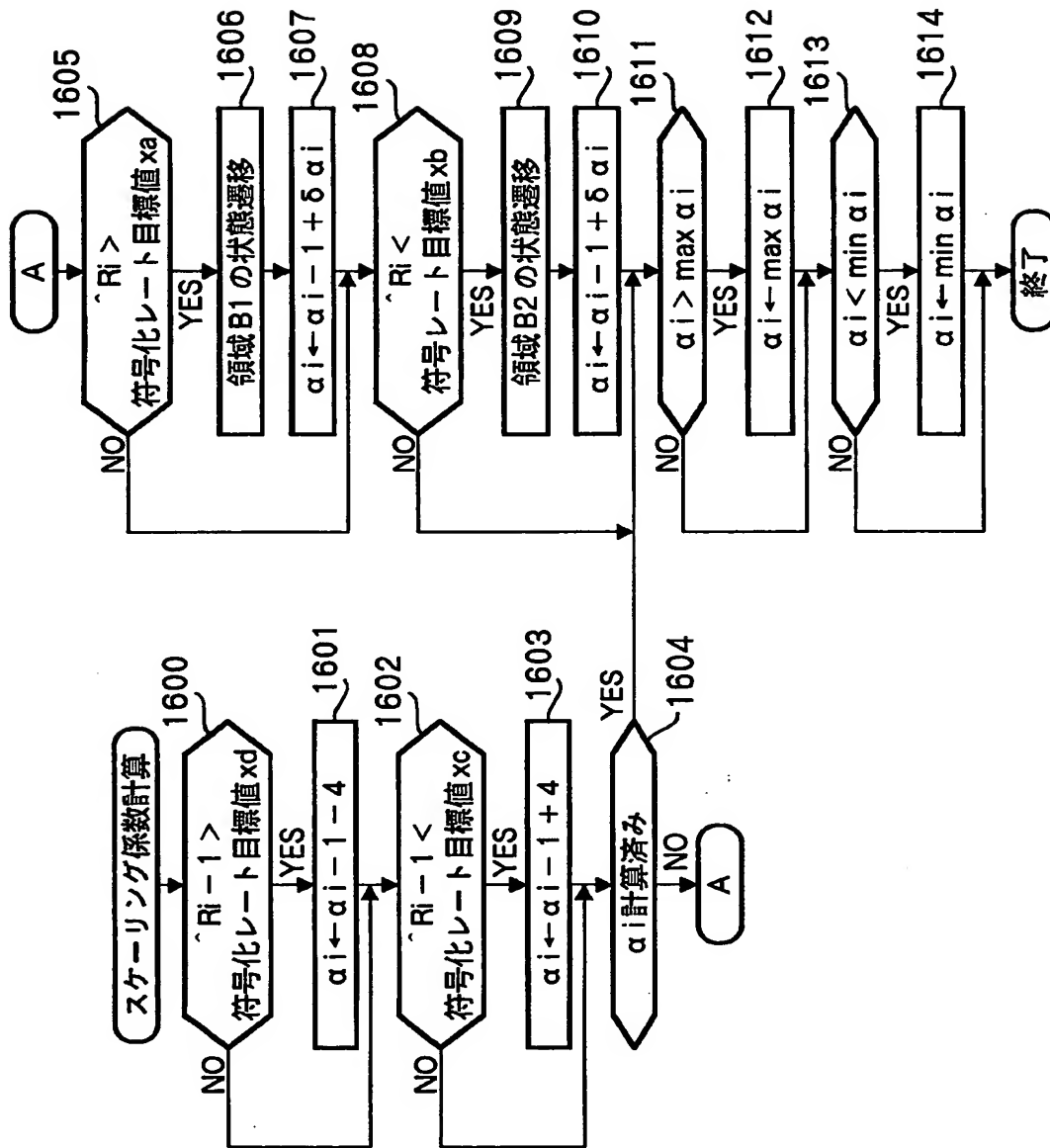
【図 18】



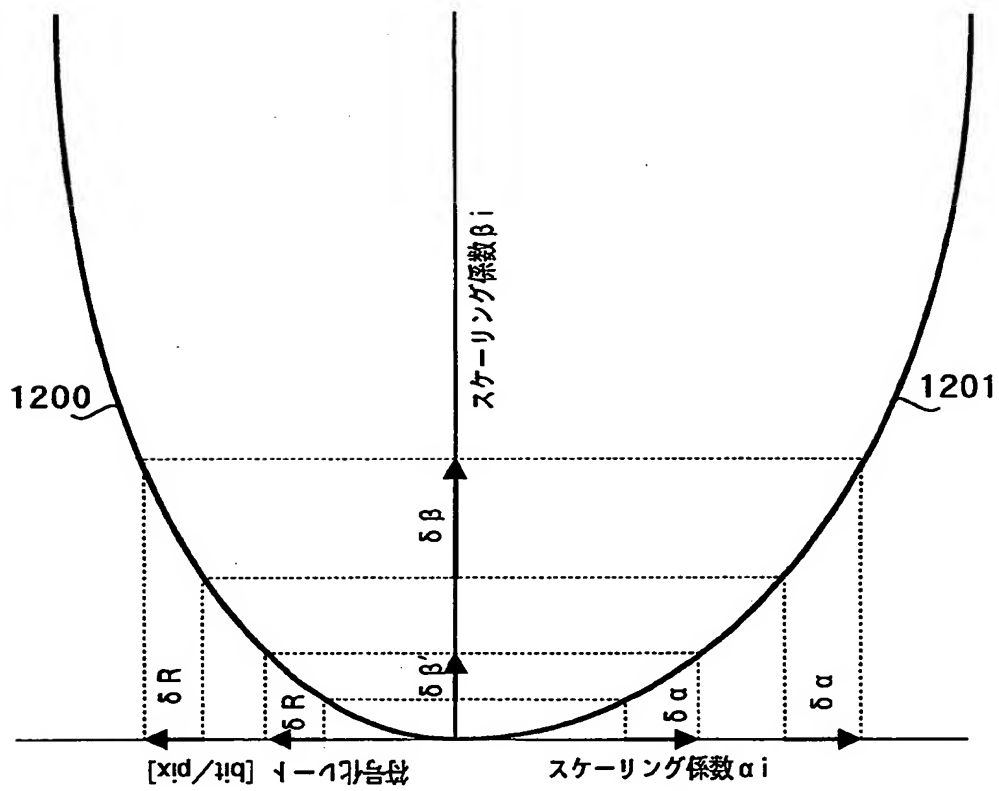
【図19】



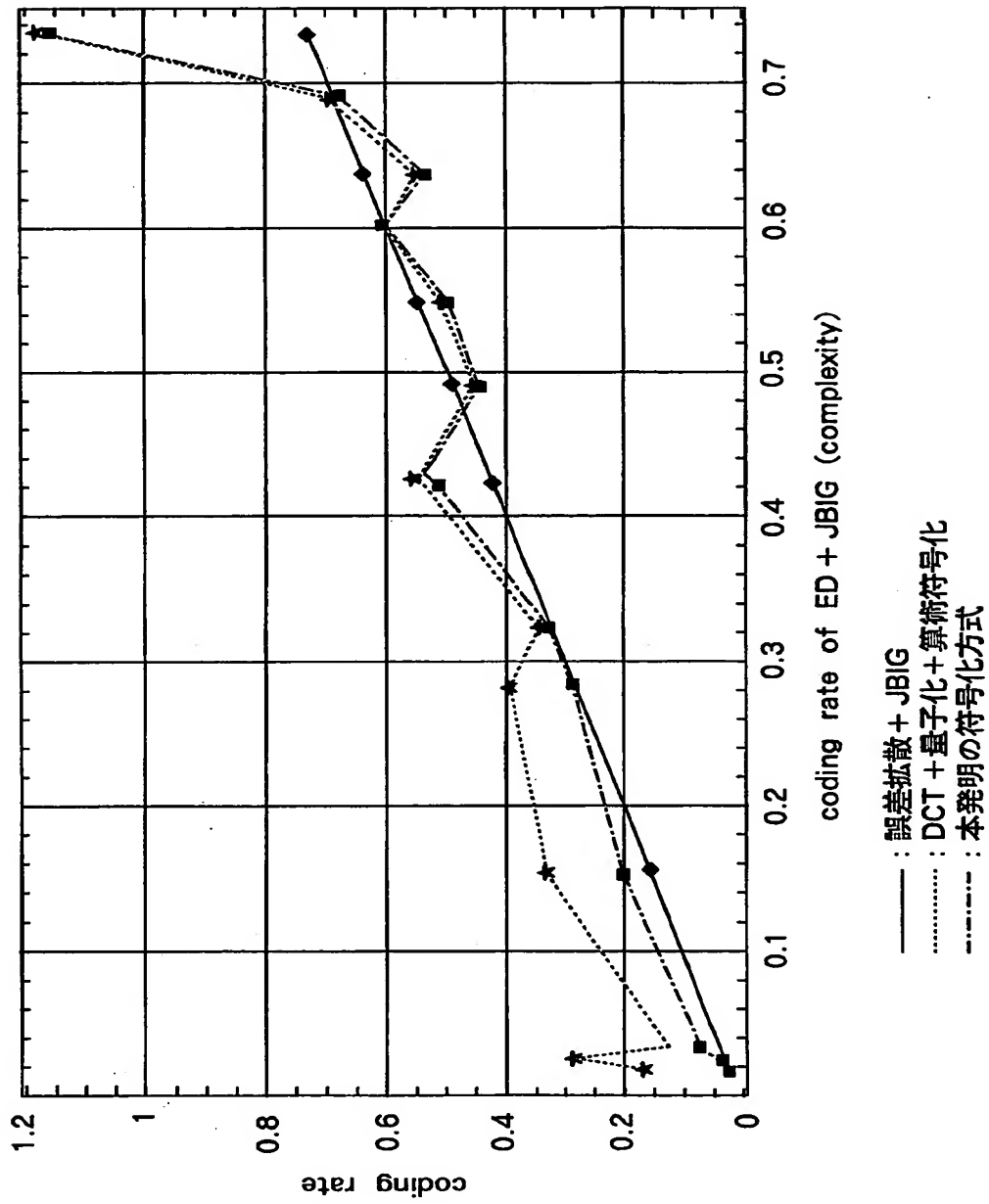
【図 20】



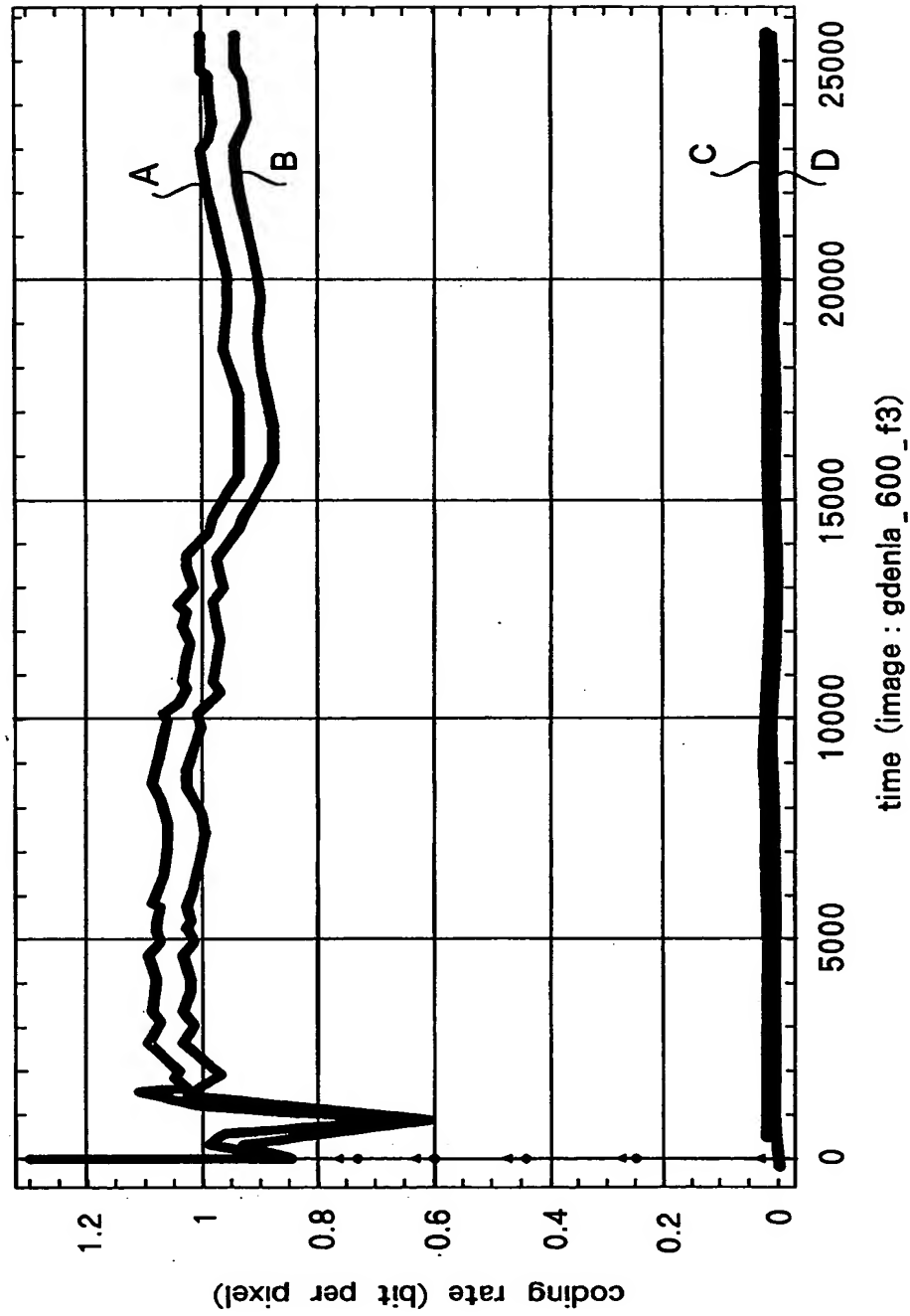
【図 2 1】



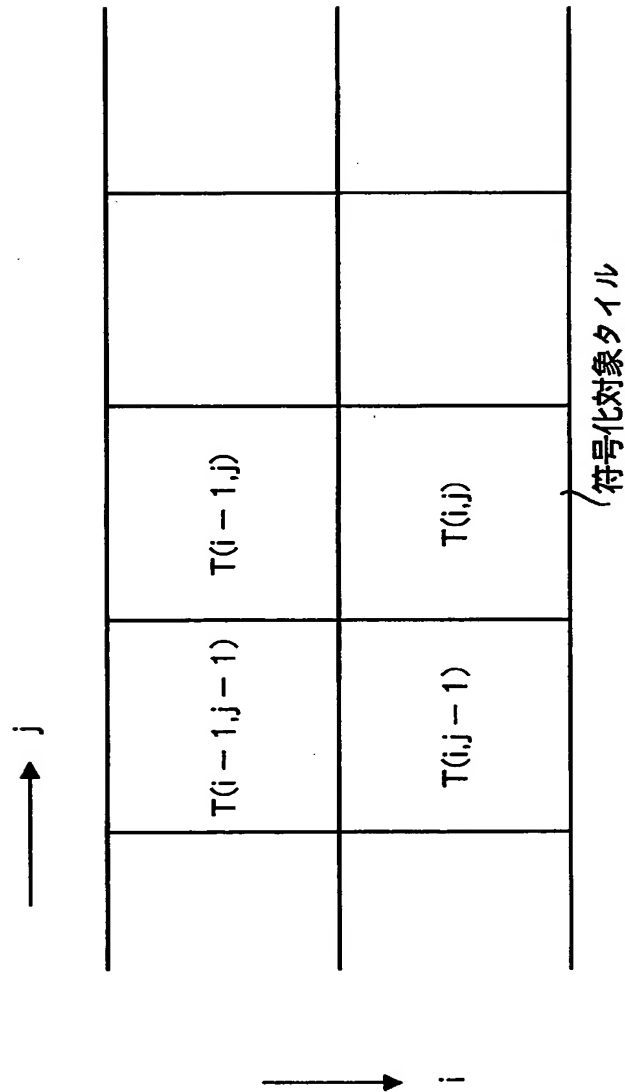
【図 22】



【図23】



【図 24】



【図 25】

	×	
×	×	
×	×	?
×	×	×
	×	×

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スキャナーで読み取った画像を効率的に圧縮すると共に、再現画像の究極的な高画質を実現すること。

【解決手段】 像域分離部 2 0 0 1 にて、タイル（マクロブロック単位）で像域判定を行って中間調画像と文字画像に分離し、次に、階層分離部 2 0 0 3 にて、1 画素単位で階層分離を行って背景と前景に分離する。階層分離によるエントロピーの増大を、近似処理器 2 0 0 8, 2 0 0 9 による近似処理によって緩和し、中間調画像については J P E G 類似の処理を行う。そして、算術符号のような可変長符号により符号化する。符号化レートは、装置の能力を考慮して、適宜、フィードバック制御される。

【選択図】 図 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000187736]

1. 変更年月日 1998年 4月13日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都目黒区下目黒2丁目3番8号
氏 名 松下電送システム株式会社